CAMILLO FLAMMARION

L'ASTRONOMIA POPOLARE

CAMILLO FLAMMARION

L'ASTRONOMIA POPOLARE

TRADUZIONE E NOTE

DEL

Prof. ERNESTO SERGENT-MARCEAU

DESCRIZIONE GENERALE DEL CIELO

Illustrata da 365 figure

CASA EDITRICE SONZOGNO - MILANO

della Società An. ALBERTO MATARELLI

Via Pasquirolo, 14

Tutti i diritti riservati alla Casa Editrice Sonzogno, Milano

Edizione precedente 1928-VI

Ristampa stereotipa finita il 30 maggio 1939-XVII

Stabilimento Grafico Matarelli della Soc. Anon. ALBERTO MATARELLI - Milano
Via Passarella N. 15. - *Imprimé en Italie.*
0-39-1

LIBRO PRIMO

LA TERRA

CAPITOLO I.

La Terra nel Cielo.

Queste pagine sono scritte per tutti coloro a cui piace rendersi conto di quanto li circonda, e che pongono fra le più grandi soddisfazioni dello spirito il poter formarsi una idea precisa e chiara dello stato dell'universo

Non è ella forse aggradevol cosa l'esercitare l'intelletto nella contemplazione dei grandi spettacoli della natura? Non è egli utile altresì il sapere almeno sopra *che cosa* noi camminiamo, qual posto occupiamo in mezzo all'Infinito; che cosa è questo Sole, i cui raggi benefici suscitarono e conservano la vita sulla terra, quale è il cielo che ci circonda, e che nome e che relazioni tra loro hanno le numerose stelle, che nell'oscura notte diffondono nello spazio la loro luce tranquilla e silenziosa?

Orbene, questa conoscenza elementare dell'universo, senza cui noi vegeteremmo, a guisa di piante, in una apatica ignoranza delle cause di cui subiamo perpetuamente gli effetti, noi possiamo acquistarla, non solo con lieve fatica, ma anzi con un piacere sempre crescente.

L'Astronomia, lungi dall'essere una scienza isolata ed inaccessibile, è quella invece che ci tocca più da vicino, la più necessaria per la nostra istruzione generale, e nel tempo stesso quella il cui studio offre le maggiori attrattive, promettendoci ad ogni passo i più profondi, i più intimi godimenti. Non può esserci indifferente, dacchè essa soltanto ci apprende dove siamo e che cosa siamo; inoltre essa può spogliarsi dell'aspro manto irto di cifre e di formole algebriche che le affibbiano taluni severi scienziati; ma cifre e formole non sono che un contesto di impalcature paragonabili a quelle che hanno servito a erigere un edifizio mirabilmente ideato; cadano le cifre; e il palazzo d'Urania risplenderà nell'azzurro spazio, spiegando agli occhî maravigliati dello spettatore tutta la sua grandezza e magnificenza!

Non si creda tuttavia per ciò, che la lettura di un'opera di astronomia descrittiva non richieda tutta l'attenzione; un libro siffatto, allo incontro, benchè di un allettamento naturalmente più reale e più attraente di un romanzo, vuol essere letto attentamente; a tal prezzo soltanto se ne può ottenere una istruzione scientifica, soda e duratura. Ma mentre quando si finisce di leggere l'ultima pagina di un romanzo, ne sappiamo ancora nè più nè meno che al cominciare della prima, bisognerebbe esser ciechi, o chiusi a qualunque concezione intellettuale, perchè la lettura di un libro scientifico non allargasse la sfera delle nostre cognizioni, e non elevasse sempre più il livello del nostro criterio.

Oserei persino affermare che all'epoca nostra sarebbe un fatto inaudito, che una mente, tanto quanto educata, si conservasse nell'ignoranza delle verità assolute rivelateci dalle grandiose conquiste della moderna Astronomia.

Quali immensi progressi non ha fatto in questi ultimi anni la sublime scienza del cielo? Uno dei più bei lavori in questa materia è, senza contestazione, l'*Astronomia popolare* di Francesco Arago. Il nostro venerato maestro, il vero fondatore dell'Astronomia per il popolo, lasciò questa terra nel 1853; già più di un quarto di secolo è passato sulle corone di semprevivi che depo-

nemmo sulla sua tomba. Come presto vola la Terra per l'orbita sua! e quanto son rapidi i nostri anni! E tuttavia questo quarto di secolo ha esso solo portato un contingente di progresso, maggiore che il mezzo secolo precedente. L'Astronomia fu trasformata in tutti i suoi rami. Le stelle rivelarono la loro costituzione chimica alle ardite e infaticabili investigazioni dello spettroscopio; il confronto di tutte le osservazioni fatte di stelle doppie, fece conoscere la vera natura di quei sistemi, e mostrò la importanza del loro officio nell'universo; i Soli, che splendono negli abissi dell' Infinito, mostransi animati da velocità vertiginose che li menano in tutte le direzioni attraverso l'immensità; le nebulose, nel campo telescopico dei potenti istrumenti recentemente costruiti, si trasformano oggi in immense e indecifrabili agglomerazioni di Soli; le vagabonde comete si lasciarono sfuggire il segreto della loro formazione chimica, e si confessarono strette in parentela colle stelle filanti (cadenti) (1); i pianeti si abbassarono, per così dire, fino a nostra portata, giacchè, tenendoli noi in certo modo all'estremità dei nostri telescopî, abbiamo potuto scoprirne la meteorologia, la climatologia, e disegnare persino delle carte geografiche dei loro continenti e dei loro mari; il Sole ha svelato la sua costituzione fisica, ed ora ci presenta lo spettacolo delle sue tempeste e delle sue fantastiche eruzioni, palpitazioni formidabili del cuore dell'organismo planetario; la Luna ci lascia ritrarre fotograficamente i suoi crudi paesaggi, avvicinandosi a noi fin a poche decine di chilometri, quasi attratta dai nostri potenti specchî! Un così fatto cumulo di ammirabili progressi rinnova interamente il complesso, già tanto imponente, delle nostre cognizioni astronomiche. Da un lato la scienza si è arricchita e trasformata, dall'altro essa è divenuta meno arida e meno egoista, più filosofica e più popolare.

Quali maravigliosi risultati! quanti splendori da contemplare! che magnifici campi da percorrere! qual splendida serie di quadri da ammirare in queste nobili e pacifiche conquiste dello spirito umano — sublimi conquiste che non costarono sangue nè lagrime, e che trasportano l'anima in un'atmosfera di luce e di meraviglia.

Nonostante questi splendidi progressi, mi sarebbe tuttavia parso cosa temeraria il pubblicare una nuova *Astronomia popolare,* dopo il lavoro importante di Arago, se venti anni di lavori astronomici e di libera discussione non mi avessero direttamente preparato; se già più di duecentomila esemplari delle mie varie opere, diffusi nel pubblico, non m'avessero mostrata la opportunità di una pubblicazione destinata a diffondere, sotto la forma più popolare, il gusto per questa scienza stupenda, e se tante migliaja di lettori

---

(1) Propriamente detti *Asteroidi,* da non confondersi coi piccoli pianeti circolanti fra Marte e Giove, e che chiameremo *Planetoidi.* IL TRAD.

non mi avessero, colla loro sempre crescente simpatia, incoraggiate a realizzare questo progetto — realizzazione che sembra desiderabile ed utile, quantunque, già da parecchî anni, molte buone pubblicazioni, e in principal modo quelle di Guillemin, Delaunay, Faye, Dubois, Liais, Schiaparelli, Secchi, e altri, abbiano propagato sotto diverse forme la volgarizzazione astronomica. Io oso tuttavia presentare questo lavoro come assolutamente nuovo nel suo modo d'esposizione e nel suo carattere; lo scopo che ha più a cuore, è di essere affatto popolare, senza cessare di essere scrupolosamente esatto e degno della scienza incomparabile a cui esso è consacrato.

L'Astronomia d'altra parte ci offre attualmente l'esempio di una di quelle trasformazioni radicali, che fanno epoca nella storia delle scienze. Essa assorge dal gineprajo delle cifre per diventar vivente. Lo spettacolo dell'universo si trasfigura dinanzi al nostro spirito maravigliato. La mano di Urania non ci addita più delle masse inerti roteanti silenziosamente in una notte eterna; ma è la vita, la vita immensa, universale, perpetua, che si svolge in onde di armonia fino agli orizzonti inaccessibili dell'Infinito che sempre fugge.

La scienza degli astri cessa di essere la segreta confidente di un picciol numero di iniziati; essa penetra tutte le intelligenze; essa illumina la natura; essa mostra che senza di lei l'uomo avrebbe sempre ignorato il posto che occupa nell'insieme di tutte le cose, e che il suo studio, elementare almeno, è un elemento indispensabile di qualsivoglia seria istruzione; essa diventa insomma veramente universale, e ognun sente oggimai il bisogno di rendersi conto della REALTÀ.

Fra tutte le verità rivelate dall'Astronomia, la prima, la più importante per noi, e che deve interessarci anzitutto, è quella relativa al pianeta che abitiamo, alla sua forma, alle sue dimensioni, al suo peso, alla sua posizione e ai suoi movimenti. Egli è pertanto dallo studio della Terra che ci conviene incominciare lo studio del cielo, perocchè in realtà, dobbiamo alla posizione appunto del nostro globo nello spazio, e ai suoi moti, il fondamento dell'astronomia antica, mentre l'astronomia moderna ci conduce alla conoscenza esatta del nostro pianeta. L'osservazione ci mostrerà, come lungi dall'essere ferma nel centro del mondo, la Terra, trasportata dal Tempo, spinta verso una meta che sempre fugge, ruota con rapidità vertiginosa attraverso lo spazio (fig. 2), trascinando seco nei campi della immensità le generazioni che da migliaja di secoli vissero e si spensero su di essa.

L'umanità intera visse migliaja d'anni nell'errore riguardo alla natura della Terra, alla sua vera posizione nello spazio, ed alla generale struttura dell'universo. Senza l'astronomia, essa s'ingannerebbe oggi ancora, e si può affermare, senza tema d'errore, che anche attualmente novantanove persone

Fig. 2. — La Terra, trasportata dal Tempo, spinta verso una meta che sempre fugge, ruota con rapidità vertiginosa attraverso lo spazio.

su cento, si fanno una idea erronea del nostro mondo e de' suoi movimenti — notate bene — sol perchè ignorano gli elementi dell'astronomia.

La Terra ci appare come una immensa pianura variamente ondulata per l'elevarsi del suolo in colli e monti, o l'abbassarsi in valli, per le quali serpeggiano ruscelli e fiumi, ch'or si dilagano e or si rinserrano a formar gorghi e cascate; per quanto vada il viaggiatore, vede sempre a sè dinanzi un piano circolare, e dalle alte vette montane ancora non s'avvede della rotondità della Terra; solo alla riva dello sterminato oceano il raziocinio gli può risvegliare il sospetto che la superficie terrestre sia curva.

Questa Terra ci pare ferma, fissa per tutta l'eternità sopra secolari fondamenti, coronata da un cielo, ora puro, ora nebuloso, e tanto ampia da esser base incrollabile all'universo. Il Sole, la Luna, le stelle, pajono aggirarsi intorno ad essa. Riassumendo tutte queste apparenze, all'uomo fu facile e, per così dire, logico, di credersi il centro e lo scopo della creazione (1), orgogliosa presunzione ch'ei conservò tanto più a lungo in quanto nessuno si levò a contraddirgli.

Durante i lunghi secoli della primitiva ignoranza, nei quali la intera vita dell'uomo era consacrata alle materiali necessità, l'uomo non era eccitato e guidato a guarentirsi dalle ingiurie della natura esterna, a difendersi dai suoi nemici e ad accrescere il proprio benessere fisico, se non che dalla sola sua nascente imaginazione. Ma non andò molto che alcune menti superiori fecero progredire la civilizzazione morale ad un tempo con quella materiale. L'intelligenza si sviluppò lentamente, venne il giorno in cui, nelle luminose pianure dell'Oriente, feconde allora, oggi sterili, un dì popolatissime ed ora deserte, alcuni uomini eminenti incominciarono ad osservare il corso degli astri e a fondare l'astronomia delle *apparenze* (fenomeni). Dapprima non furono che semplici osservazioni fatte da pastori dell'Himalaja dopo il tramonto del Sole, e prima del suo sorgere; le fasi della Luna e il ritardo diurno dell'apparire di questo astro in confronto a quello del Sole e delle stelle; il moto apparente del cielo stellato compientesi silenziosamente sulle nostre teste; lo spostarsi or in un verso or nell'opposto dei bei pianeti attraverso le costellazioni; la stella cadente o il bolide che sembra staccarsi dal firmamento per precipitarsi sulla Terra; le eclissi del Sole e della Luna, misteriosi oggetti di terrore; le bizzarre comete che scarmigliate appajono nelle alte regioni del cielo; tali furono i primi oggetti di quelle osservazioni fatte, or sono migliaja d'anni.

L'Astronomia è, senza alcun dubbio, la più antica delle scienze. Prima ancora che si inventassero i caratteri e cominciasse la storia, gli uomini già

---

(1) La parola *Creazione* è elastica; chi l'applica ai corpi figurati, sieno organici od inorganici; chi alla sola materia; il lettore l'intenda come crede, ma si ricordi un motto: *Ego sum, quod sum*, cioè *Io sono tutto ciò che è*; intendasi di Dio.

scrutavano il cielo e ponevano le basi d'un calendario primordiale. Le primissime osservazioni andarono perdute nelle rivoluzioni dei popoli; noi tuttavolta ne possediamo alcune, rispettabili per la loro antichità; fra le altre quella della stella polare fatta in China 2850 anni prima dell'èra volgare; quella di un'eclisse solare fatta in Egitto nell'anno 2720 avanti Cristo, e quella di una stella della costellazione dell'Idra fatta l'anno 2036 avanti Cristo. Corrono ora almeno cinquemila anni, dacchè fu inventata la nostra settimana attuale di sette giorni, e da parecchie migliaja di anni eziandio i giorni portano il nome dei sette astri mobili noti agli antichi: Sole, Luna, Marte, Mercurio, Giove, Venere e Saturno.

Ai tempi d'Omero (novecento anni circa prima dell'èra nostra) credevasi che la Terra, circondata dal fiume *Okeanos,* riempisse colla sua massa la metà inferiore della sfera del mondo, mentre la metà superiore le si distendeva al di sopra, e che *Helios* (il Sole) spegnesse ogni sera i suoi fuochi per riaccenderli al mattino, dopo essersi bagnato la notte nelle profonde acque dell'Oceano.

Secondo i più antichi concetti, fondati sulle illusioni che una mente incolta ha comuni col bimbo, nessuna continuità o connessione doveva esistere fra il cielo della notte in cui brillavano le stelle, e il cielo sul quale si spandono gli splendori del giorno. Quegli che pel primo osò affermare che durante il dì il cielo è disseminato di stelle come la notte, e che noi non le vediamo sol perchè perdute nello splendore solare, colui fu al certo un osservatore d'alto ingegno e di grande ardire.

Parecchî astronomi greci credevano persino altresì, or fanno duemila anni, che le stelle fossero dei fuochi alimentati dalle esalazioni terrestri. In breve convenne pure persuadersi, dietro l'osservazione di fenomeni costanti e invariabili, che il Sole, la Luna, i pianeti e le stelle si levano e tramontano, e che, durante le ore che separano il tramonto dal sorger loro, e' bisogna necessariamente che quegli astri passino sotto la Terra. *Sotto la terra!* Qual rivoluzione in queste tre parole! Fin allora si era potuto concepire il mondo esteso all'infinito sotto i nostri piedi e solidamente impiantato per sempre, e senza intendere questa infinita distesa della materia, si era potuto cullarsi nell'ignoranza e credere nella incrollabile saldezza della Terra. Ma, dal momento che si potè sospettare che le curve descritte dagli astri al di sopra delle nostre teste si prolungassero, dopo il loro tramonto, al di sotto dell'orizzonte, fu mestieri imaginare che la Terra fosse perforata da parte a parte da gallerie abbastanza ampie da lasciar passare le celesti fiaccole. Alcuni allora rappresentarono il nostro soggiorno sotto la forma di una tavola circolare, sorretta da dodici colonne; altri sotto la forma di una cupola, posta sul dorso di quattro elefanti di bronzo; ma l'idea di far sorreggere il mondo,

Fig. 3. — La Terra è isolata da tutte le parti.

sia da montagne, sia altrimenti, non aveva altro risultato che di protrarre la difficoltà, perocchè quelle montagne, quelle colonne, quegli elefanti dovevano pur alla loro volta posare sopra qualche fondamento inferiore. Siccome, del resto, tutto intero il cielo apparve girevole, come una solida massa, intorno a noi, i sotterfugi ideati per conservare alla Terra qualche cosa della sua prima stabilità, dovettero sparire per la forza delle cose, e convenne alfine confessare che *la Terra è isolata da tutte le parti* (fig. 3).

Esiodo, contemporaneo d' Omero, credeva che la Terra fosse sostenuta, a modo di un disco, ad egual distanza, fra la vòlta del cielo e la regione dell'inferno *(Inferos)*, distanza ch'era stata, pretendeva egli, misurata dalla caduta dell'incudine di Vulcano, la quale avrebbe impiegato nove giorni e nove notti per cader dal Cielo sulla Terra, e altrettanto a cader dalla Terra nel Tartaro. Siffatte idee dominarono per lunghissimo tempo i criterî umani intorno alla costruzione dell'universo.

Ma la fiaccola del progresso era accesa, nè più dovevasi spegnere. Lo sviluppo sempre crescente preso dalla Geografia venne quindi a provare che il nostro mondo ha la forma di una sfera. Allora ognuno si figurò la Terra come una palla immensa, posta nel centro dell' universo, e intorno ad essa, cioè a noi, si fecero girare lunghi cerchi man mano più lontani, il Sole, la Luna, i pianeti e le stelle, come lo volevano ancora le apparenze.

Per circa duemila anni, gli astronomi osservarono attentamente le rivoluzioni apparenti dei corpi celesti, e quello studio assiduo svelò loro a poco a poco molte irregolarità e complicazioni indecifrabili, fino al giorno in cui fu riconosciuto che era un errore la credenza nella sua stabilità. L' immortale Copernico, in ispecial modo, discusse con perseveranza la ipotesi del moto della Terra, già messa innanzi mille anni prima di lui, ma sempre respinta dall'amor proprio dell' uomo; e allorchè quel dotto canonico polacco prese commiato da questo mondo, nel 1543, legò alla scienza il suo gran lavoro che mostrava chiaramente l'inganno secolare in cui era vissuta l'umanità.

Il globo terrestre ruota sopra sè stesso in 24 ore; questo movimento suo proprio fa parere che il cielo intero giri intorno a noi; ecco la prima verità dimostrata da Copernico, e il primo fatto che si presenta al nostro esame. È del resto importante incominciare i nostri studî astronomici precisamente dall'osservazione generale della posizione della Terra nello spazio e dell' insieme dei suoi movimenti.

Infatti, questo moto diurno non è il solo di cui la Terra sia animata. Trascinata dalla forza di gravitazione, essa corre in giro al Sole, alla distanza di 148 milioni di chilometri; compiendo una rivoluzione intera nel corso di un anno.

Per compiere in 365 giorni e $^1/_4$ quell' immenso giro intorno al Sole, la

nostra sfera deve percorrere 643 mila leghe al giorno, ossia 106 mila chilometri all'ora, vale a dire 29 chilometri ogni minuto secondo! Gli è questo un fatto matematico assolutamente provato. Sei metodi diversi e indipendenti affatto fra loro, adoperati per misurare la distanza del Sole da noi, diedero concordemente la cifra di 148 milioni di chilometri; ora la Terra compie una rivoluzione intera a tale distanza, in un anno; quindi il calcolo è facile (1).

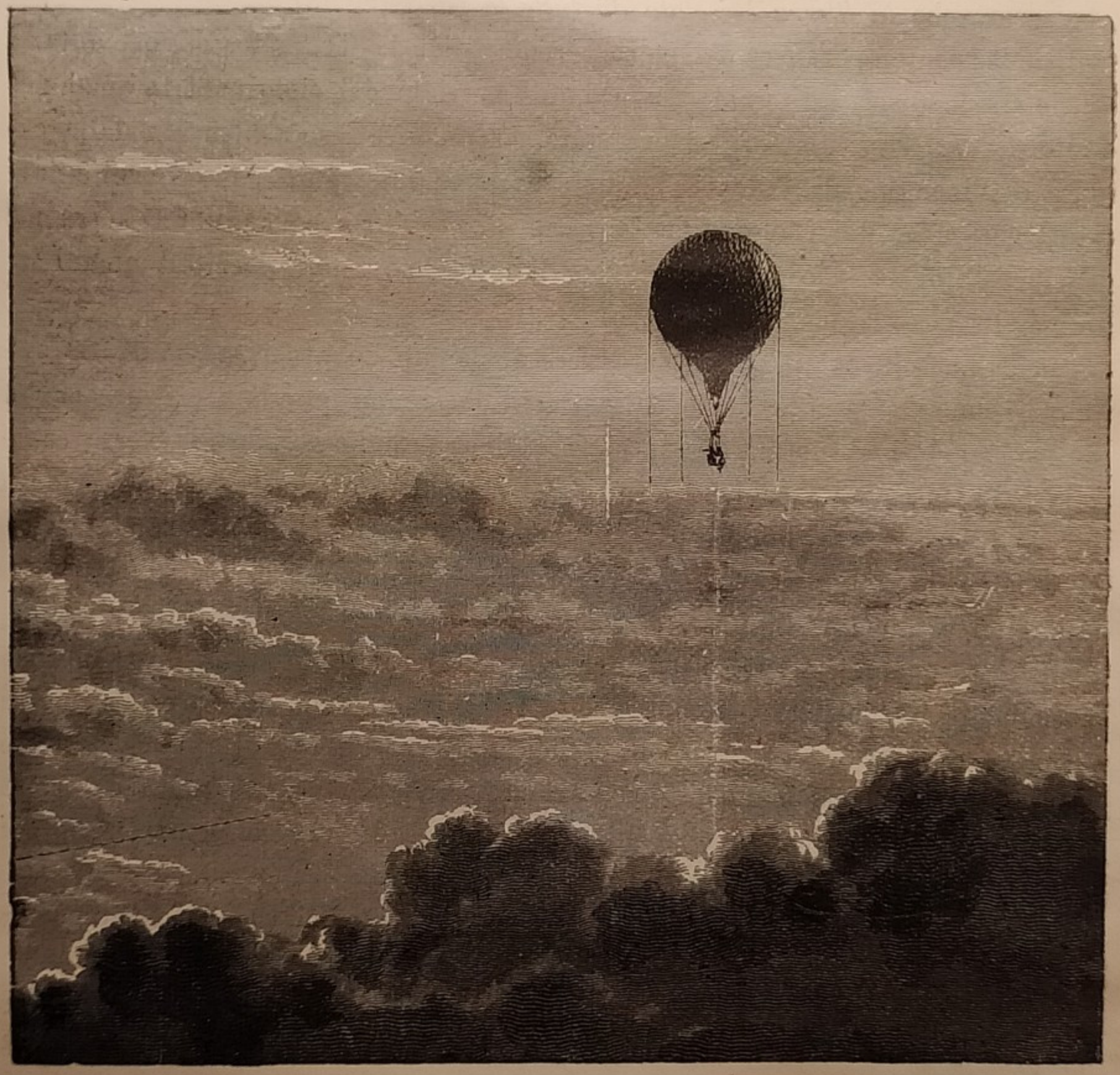


Fig. 2. — Quante volte non ho io paragonato il cammino glorioso dell'aerostato nell'atmosfera, a quello della Terra nello spazio!

Noi viaggiamo dunque nell'immensità con una velocità mille e cento volte maggiore di quella di un celerissimo convoglio ferroviario. Siccome quest'ultimo si muove ancora mille e cento volte più presto di una tartaruga, così

---

(1) Ponendo 148 milioni, raggio medio dell'orbita terrestre = r, la geometria ci dà la lunghezza dello sviluppo di una linea circolare di tal raggio, colla formola $C = 2\,\pi,\, r$. Essendo $\pi = 3{,}14$ il prodotto, $6{,}28 \times 148$ milioni sarà lo sviluppo dell'orbita = chil. 929 440 000, numero che diviso per 365, poi per 24, dà appunto in cifra tonda 106 mila chilometri. IL TRAD.

se si potesse lanciare nello spazio una locomotiva che corresse dietro alla Terra, tornerebbe lo stesso che il far correre una tartaruga dietro un convoglio celerissimo (percorrente circa 60 chilometri all'ora)! La velocità, insomma, del nostro globo, nella sua celeste carriera, è di 75 volte quella di una palla di cannone.

Fig. 5. — La Terra veduta da Venere e da Mercurio apparirebbe come la stella più brillante del cielo.

Un individuo, collocato nello spazio, poco discosto dalla curva ideale che la Terra descrive nella sua rapida corsa, rabbrividerebbe di terrore vedendola sopraggiungere sotto l'aspetto di una stella ognor più giganteggiante, avvicinarsi, coprire tutto il cielo col suo disco, attraversare, rotando sopra sè stessa, senza arrestarsi, il campo della sua vista esterrefatta, e dileguarsi in direzione opposta come baleno, impicciolendosi a poco a poco, fino a scomparire nelle aperte voragini dello spazio...

E noi stiamo su questo volubil globo, a un dipresso nella medesima condizione materiale dei granelli di polvere aderenti alla superficie di una palla da cannone lanciata nello spazio... Accompagnando in tutto e per tutto il globo nei suoi movimenti, insieme a tutto quanto ci sta d'intorno, ci è impossibile accorgersi di questi movimenti, dei quali non potemmo aver notizia che mediante l'osservazione di corpi (astri) che non vi partecipano. Divino elemento del meccanismo siderale, la forza che trasporta il nostro pianeta agisce senza sforzi, senza attriti e senza scosse, in mezzo all'assoluto silenzio degli eterni cieli. Più mollemente ancora della navicella sul limpido fiume, più lenemente della gondola che si specchia nella veneta laguna, la Terra scivola — per dir così — maestosamente sulla sua orbita ideale, non lasciando scorgere traccia alcuna sul suo passaggio della .formidabil virtù che la conduce. Così, ma non pur tanto perfettamente l'aerostato solitario sale in seno all'aere trasparente. Quante volte, affidato alla navicella dell'aereo naviglio, sia durante le luminose ore del giorno, sopra verdeggianti campagne, sia

nella notte oscura, al melanconico raggio della luna e delle stelle, quante volte non ho io paragonato il cammino glorioso dell'aerostato nell'atmosfera, a quello della Terra nello spazio! (fig. 4).

Malgrado le apparenze, *la Terra è dunque un astro del cielo,* come la Luna, come gli altri pianeti, che in realtà non sono nè più nè meno luminosi di essa, e che splendono nel cielo sol perchè il Sole li illumina. Veduta da lontano nello spazio, la Terra splende come la Luna; più da lontano ancora come una stella. Veduta da Venere e da Mercurio apparirebbe come la stella più brillante del cielo (fig. 5).

Il moto di traslazione del nostro globo intorno al Sole, produce, riguardo a noi, la successione delle stagioni e degli anni; il suo moto di rotazione (rivolgimento sopra sè stessa) cagiona il succedersi del dì e della notte. Le nostre divisioni del tempo sono basate su questi due movimenti. Se la Terra non ruotasse, se l'Universo fosse immobile, non vi sarebbero nè ore, nè giorni, nè settimane, nè mesi, nè stagioni, nè anni, nè secoli!... Ma il mondo cammina.

I due movimenti a cui abbiamo accennato, sono i più importanti per noi, ma non sono i soli da cui sia animato il nostro globo. La Terra, infatti, è trasportata nel cielo, ed oscilla in opposti versi per effetto di dieci moti differenti, di cui principali sono i seguenti:

Anzitutto il nostro globo *rotola* non come farebbe una palla sopra un sentiero, vale a dire mantenendo orizzontale l'asse ideale intorno a cui si effettua il modo di rotazione; non viaggia neppure tenendo il suo asse verticale, come vediam accadere nella trottola che gira e corre sul pavimento; il suo asse di rotazione non è ritto nè adagiato, ma inclinato di una certa quantità, e questa inclinazione rimane la stessa durante tutto il corso dell'anno; di guisa che la Terra si trasporta in giro al Sole, conservando, rispetto a questo sempre egualmente inclinato, il piano (1) della sua rotazione diurna. Il suo asse di rotazione rimane parallelo a sè stesso durante tutto il corso dell'annua rivoluzione, e la sua estremità nord sta costantemente diretta verso un punto fisso della vòlta stellata, vicino alla stella polare. Ma lentamente, di secolo in secolo, l'asse medesimo gira, o, direi meglio, oscilla girando, alla guisa di un dito che, puntato verso una stella, tracciasse lentamente una circonferenza nel cielo; di guisa che il polo si sposta frammezzo alle stelle, e nel periodo di 200 secoli, descrive (apparentemente) un cerchio intero. La stella polare attuale s'allontanerà fra breve dal polo: fra 12 mila anni, sarà sostituita, dirò così, nel suo officio, dalla brillante stella della Lira, che si troverà al

---

(1) Possiamo prendere per piano della rotazione quello che contiene l'Equatore terrestre, poichè un qualunque punto di questo descrive, nel corso di 24 ore, un circolo in quel piano perpendicolare all'asse ideale terrestre. IL TRAD.

polo, come vi era 14 mila anni innanzi. Questo movimento secolare è quello della *precessione degli equinozî*. Ecco dunque un terzo movimento, ma molto più lento dei due precedenti (1).

Un quarto movimento, dovuto all'azione della Luna, e chiamato *nutazione*, fa descrivere all'asse del mondo delle piccole e rapide ellissi ideali tracciate sulla sfera celeste in 18 anni.

Un quinto movimento fa oscillare lentamente la inclinazione dell'asse, che è attualmente di 23 gradi, o del quarto di un angolo retto; essa diminuisce ora per tornar poi a crescere nei secoli futuri; questa oscillazione secolare si chiama *variazione dell'obliquità dell'eclittica*.

In grazia di un sesto movimento varia pure la curva descritta dal nostro pianeta intorno al Sole, curva che non è circolare, ma ellittica ed ovale, come ognun sa; col passar dei secoli quella curva si approssima o si scosta dalla forma circolare. Questo moto chiamasi *variazione dell'eccentricità*.

In questa ellisse, di cui il Sole occupa un foco (2), il punto più vicino all'astro luminoso dicesi *perielio;* la Terra vi passa attualmente al 1.° gennajo. Un settimo movimento sposta anche questo punto. L'anno 400 prima dell'èra volgare, la Terra vi passò al 21 settembre, e il 1250 dell'èra nostra al 21 dicembre. Il perielio avrà luogo il 21 marzo nell'anno 6590; il 22 giugno nell'11 910, e finalmente nell'anno 17 000 sarà tornato al punto in cui si trovava 400 anni or sono. Durata 210 secoli. Questa è la *variazione secolare del perielio*.

Ma non è qui tutto.

Un ottavo movimento, originato dalla variabile attrazione dei pianeti, viene a disturbare tutti i precedenti, producendo delle *perturbazioni* di varî ordini.

Un nono movimento sposta il Sole dal foco geometrico dell'ellisse terrestre, e sposta in pari tempo il centro della rivoluzione annua della Terra.

Finalmente, un decimo movimento, più ragguardevole ancora di tutti i predetti, trascina il Sole attraverso l'Infinito, e con esso lui la Terra insieme a tutti gli altri pianeti. Dacchè esiste, *il nostro globo non è passato due volte pel medesimo luogo dello spazio,* e non tornerà mai al punto in cui ci troviamo attualmente; noi precipitiamo nell'Infinito, descrivendo una serie di spirali che si modificano incessantemente.

---

(1) Il lettore è pregato di non inquietarsi, a questo punto, se non intende proprio perfettamente tutti i vocaboli adoperati; qui non si tratta che di una descrizione generale, e tutto sarà spiegato un po' più innanzi

(2) Prendasi uno spago lungo un decimetro, per esempio, e si adagi sopra una retta tracciata sopra un foglio della stessa lunghezza; su questa segninsi due punti poco lontani, ma equidistanti dagli estremi di questa retta, e in essi si fissino per bene i capi dello spago. Si prenda una matita e premendo contro il filo si traccino sopra e sotto la retta due linee, tenendo sempre teso il filo colla matita. Le due linee riunite formano un'*ellisse*, e i punti fissi ne sono i *fochi*. — La somma delle lunghezze di due rette condotte ad un istesso punto della linea, ciascuna da ciascun foco, è una cifra costante. IL TRAD.

Questi movimenti saranno spiegati e dimostrati minutamente nel seguente capitolo. Era importante di *accennarli* subito, per liberarci una volta per sempre da qualunque pregiudizio sulla pretesa importanza del nostro mondo, e sopratutto per persuaderci che la nostra patria non è altro che un globo volubile trascinato nello spazio, vero giocattolo in balìa delle forze cosmiche; un astro qualunque che corre attraverso l'eterno vuoto quasi con ansia affannosa verso una meta che egli ignora, in preda, nel suo incostante cammino, a svariatissime oscillazioni, cullantesi nell' Infinito colla leggerezza di un atomo di polvere entro un raggio di sole; rapito in una corsa vertiginosa sopra l'abisso senza fondo, sopra cui ci trasporta tutti da migliaja d'anni e ci trasporterà per migliaja d'anni ancora, per forza di misteriosi destini, che lo spirito più chiaroveggente non può discernere al di là dell'orizzonte sempre fuggente dell'avvenire.

È impossibile considerare freddamente questa realtà, senza stupirsi della inesplicabile illusione in cui si culla la maggior parte della umanità. Ecco un picciol globo che va turbinando nel vuoto infinito; sulla superficie di quel globulo vegetano 1400 milioni di vermiciattoli ragionanti, senza sapere nè d'onde vengano, nè dove vadano, e ognun de' quali d'altra parte non nasce che per tosto morire; e questa povera umanità ha risolto il problema, non di vivere felice nello splendore della natura, ma di soffrire perennemente col corpo e collo spirito. Essa non esce dalla sua originaria ignoranza, non assorge alle gioje intellettuali dell'arte e della scienza, e si tormenta perpetuamente con ambizioni chimeriche. Strana organizzazione sociale!

Allorchè gli uomini sapranno che cosa è la Terra, e conosceranno la sua modesta condizione nell'Infinito; quando sapranno meglio apprezzare la grandezza e la bellezza della natura; allora forse non saranno più tanto pazzi, così scettici per un verso, così creduli per l'altro; ma vivranno in pace, nello studio fecondo del Vero, nella contemplazione del Bello, nella pratica del Bene, nello sviluppo progressivo della ragione e nel nobile esercizio delle più alte facoltà dell'intelligenza.

CAPITOLO II

Come la Terra gira sopra sè stessa e intorno al Sole. — Il giorno e la notte. Le ore. — I meridiani. — L'anno e il calendario.

Accingiamoci ora a studiare nei loro minuti particolari *tutti i movimenti della Terra.*

Noi non seguiremo il metodo comune ai Trattati di Astronomia, i quali cominciano col descrivere le apparenze, di cui, poco dopo, sono costretti a dimostrare l'inganno. Noi incominciamo dalla realtà.

Difficilmente si potrebbe trovare qualche cosa di più singolare di questi movimenti e delle conseguenze che ne derivano per la nostra vita materiale, non meno che pei nostri criterî. Son essi infatti che dànno la misura del tempo, e tutta la nostra vita si regola su questa misura. La durata stessa della nostra esistenza, i periodi che la scindono, le occupazioni nelle quali alternativamente e successivamente è occupata, il nostro calendario annuale, come le epoche della storia sono altrettante vicende strettamente connesse ai moti della Terra. Studiare questi moti, è la stessa cosa che i principî stessi della biologia umana. Se poi ci facciamo a istituire un confronto fra il nostro piccolo pianeta e gli altri mondi, quale infinita varietà noi troviamo fra essi! Sulla Luna, per esempio, l'anno non conta che dodici giorni e dodici notti, eppure ha la stessa durata del nostro che conta 365 giorni. Per Giove, l'anno è quasi dodici volte più lungo dell'anno terrestre, mentre il giorno è più breve della metà; di guisa che su quel pianeta non vi sono meno di 10 455 giorni in un anno! Per Saturno la sproporzione è ancora più straordinaria, giacchè il suo anno, che dura trenta dei nostri conta 25 217 giorni! E che direm di Nettuno di cui ogni anno dura più di un secolo e mezzo, cioè 165 dei nostri anni fugaci! Se la biologia vi ha la stessa norma che da noi, colà una giovinetta di diciassette anni, avrebbe in realtà vissuto 2800 dei nostri anni; ella viveva già da mille anni quando Cristo nacque in Giudea; è stata contemporanea di Romolo, di Giulio Cesare, di Costantino, di Clodoveo, di Carlomagno, di Francesco I, di Galileo, di Robespierre... e non ha ancora che diciassette anni! Letargica fidanzata, ella sposerà fra tre o quattrocent'anni il garzone ideale de' suoi sogni, biondo giovincello della bella età di tremila o più anni terrestri...

L'alternato periodo di luce e di tenebre servì quindi naturalmente come prima misura del tempo. È questo il fenomeno naturale che più ci colpisce; soltanto più tardi fu notata la successione delle stagioni, di cui si valutò la durata e si conobbe la lunghezza dell'anno. Le fasi della Luna sono più celeri nella loro successione, e più evidenti delle stagioni; per lo che il tempo dovette esser diviso in giorni e in mesi molto tempo prima che venisse diviso in periodi annuali. Gli antichi poemi dell' India ci hanno persin conservato le ultime eco dei timori dei primi uomini al soppraggiungere della notte. Il Sole, il buon Sole è scomparso affatto all'occidente; è egli certo che noi lo rivedremo domani mattina all' oriente? Ma se più non ricomparisse! Non più luce, non più calore; la gelida notte, la tenebrosa notte cuopre il mondo! Come ritrovare il fuoco perduto? Con che cosa surrogheremo noi il benefico Sole e la sua splendida luce? Le stelle fan piovere dall'alto dei cieli i loro melanconici bagliori, la Luna versa nei fiotti dell' atmosfera quella argentea rugiada che tanta voluttà diffonde sul sonno della natura: ma non è il Sole, non è il giorno... Ah! ecco l'aurora che lentamente spunta, ecco la luce, ecco il giorno! Oh Sole! re dei cieli, sii benedetto! oh! non scordarti mai di ritornare!

Fig. 6. — Il giorno e la notte.

Che cosa è il giorno! che cosa è la notte? Sono due effetti contrarî prodotti dalla combinazione del moto rotatorio della Terra colla illuminazione solare. Se il nostro globo non ruotasse l'astro diurno per noi rimarrebbe immobile, sì che una metà della Terra godrebbe di un giorno perpetuo, e sull' altra regnerebbe una perpetua notte.

Il nostro globo è isolato nello spazio, e nell' universo non v' ha nè alto nè basso. Consideriamolo ad un istante qualunque, in quel momento, per esempio, in cui noi diciamo: è mezzodì. Noi ci troviamo allora sulla linea passante pel mezzo dell'emisfero rischiarato dal sole. Il globo terrestre (fig. 6) ha un' ombra propria opposta alla parte illuminata. I paesi situati sull'emisfero simmetrico col nostro trovansi allora immersi nell'oscurità, ossia nella notte. La notte non è dunque altra cosa se non che una condizione temporaria della parte di Terra non rischiarata. La Terra gira: dodici ore dopo il momento or ora considerato, noi ci troveremo, alla nostra volta, proprio in mezzo all'ombra, avremo mezzanotte. Capovolgete la figura e allora

vedrete il Sole sotto i vostri piedi e la notte sopra le vostre teste. Ma quest' ombra prodotta dalla Terra non si estende su tutto l' universo, come ce lo farebbe credere la prima impressione dei sensi; essa non abbraccia che l'ampiezza della Terra (circa 13 000 chilometri), e tutto ciò che trovasi nello spazio al di fuori di quel raggio rimane per sempre illuminato ; perchè nello spazio che circonda la Terra, tanto v' ha luce di giorno come di notte ; la Luna e i pianeti che più spesso noi vediamo di notte che di giorno o nel crepuscolo, sono visibili appunto perchè immersi nella luce solare in cui sono costantemente involti. Inoltre, siccome il Sole è molto, ma molto più voluminoso della Terra, l'ombra che questa projetta dietro di sè nello spazio, ha la forma di un piccolissimo cono il cui vertice dista da essa 1 200 000 chilometri. Talune volte accade che la Luna, la cui distanza non è che di chilometri 384 000, venga a passare attraverso l' ombra (portata) della Terra (1), e allora si ha un mezzo di verificare, mercè l'eclisse di quel globo, che l' ombra del nostro mondo è circolare ; e questa fu anzi una delle prime prove che si ebbe della forma globulare della nostra isola galleggiante.

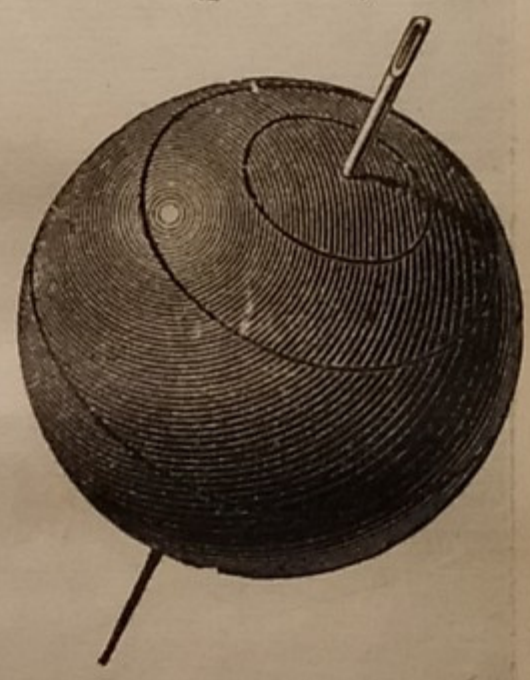


Fig. 7. — Imagine del globo terrestre ruotante intorno al proprio asse.

Noi possiamo, per raffigurare la Terra, prendere una pallottola attraversata pel suo mezzo da un ago, e farla ruotare fra le nostre dita. L'ago rappresenta l'*asse* (fig. 7); i due punti diametralmente opposti, tra i quali esso rimane nascosto nel corpo della palla, sono i *poli*. Ecco due nozioni importanti e, come ognuno vede, facili a ritenersi. Noi sappiamo adesso che cos'è l'asse del globo: è la linea ideale che lo attraversa e intorno a cui si effettua il suo moto di rotazione. Sappiamo altresì che s'intenda per poli. Ebbene: disponiamo la palla in guisa da mostrarci soltanto un' estremità dell' ago e supponiamo che giri come la Terra; vedremo la palla ruotare in senso contrario a quello delle lancette di un orologio.

La nostra figura 8 mostra in che modo i diversi paesi del globo passano successivamente nel giorno e nella notte. Nella posizione rappresentata da questa figura, Parigi trovasi appunto sotto il sole, e allora conta mezzogiorno. I paesi situati a sinistra della Francia, come l'Italia, si trovano per essa ad

---

(1) Se dietro un corpo illuminato da una candela accesa poniamo uno schermo qualunque, osserveremo due cose; primo: che la parte del corpo opposta a quella rivolta alla candela è oscura; questa è l'*ombra propria* del corpo; secondo: che sullo schermo illuminato si disegnerà una figura oscura avente la forma del corpo (in projezione) e più grande di questo; che se la fiamma fosse di dimensioni maggiori all'oggetto, la figura oscura sarebbe più piccola; in ogni caso quella è l'*ombra portata;* e nel tronco di cono, compreso fra il corpo e l'ombra dello schermo, non entra in luce. IL TRAD.

oriente, uscirono dall'ombra prima di essa e prima di essa passarono sotto il sole; di guisa che, quando è mezzodì a Parigi, a Vienna è 1 ora, 2 ore a Suez, 3 a Teheran, 4 a Bukhara, 5 a Delhi, nelle Indie, ecc.; e quando è mezzodì a Roma, a Milano abbiamo 11 ore e 47 minuti ant., a Venezia si hanno 11 ore e 59 m. ant., a Berlino 12 ore e 4 m. pom., a Parigi 11 ore e 20 m. ant., a Lisbona ore 10 e 34 m. ant., al Cairo 1 ora e 16 m. pom., a Calcutta ore 5 e 4 m. pom., a Nuova York ore 6 e 14 m. ant., ed a Buenos Aires ore 7 e 16 m. ant. (1). Tutti i paesi situati sopra una stessa linea oraria hanno simultaneamente la stessa ora. Queste linee orarie sono i *circoli di longitudine* (meridiani); sono circoli massimi che tutti s'intersecano fra loro ai poli. Se s'imagina tagliata in due la sfera ad ugual distanza dai due poli, mediante un piano perpendicolare all'asse, la sezione o il contorno del taglio è quel che dicesi *equatore*, circolo massimo che delimita la nostra figura. Per misurare le distanze fra il polo

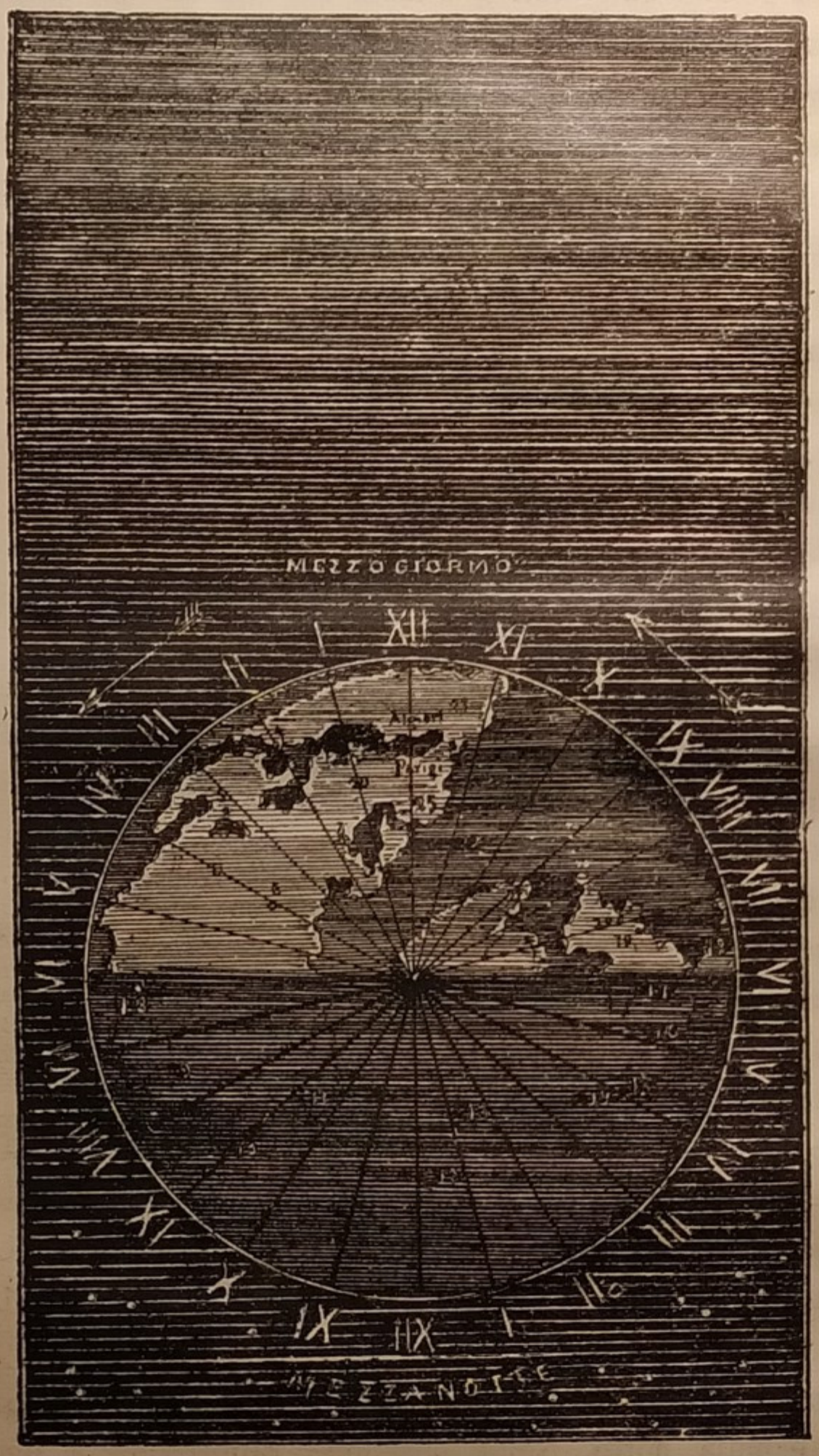


Fig. 8 — Le ore del giorno e della notte.

(1) Siccome queste cifre non hanno la pretesa di essere scrupolosamente esatte, vogliamo porgere al paziente lettore il mezzo di rettificarle:

Long. Ora di	Roma	contata da	Londra	. . . . .	12° 30′
» »	Parigi	»	»	. . . . .	2 20
» »	Londra	»	dall' isola del Ferro	. .	17 40
» »	Parigi	»	»	. . .	20 —

In base a questi dati, faccia il computo opportuno calcolando che il Sole percorrendo 360° in 24 ore a differenza di *un grado* in longitudine dà una differenza di 4 minuti in *più* per un paese all'oriente di quello che si considera, in *meno* per un paese occidentale. IL TRAD

e l'equatore si tracciano intorno al polo, preso per centro, dei cerchî successivi, che prendono il nome di *circoli di latitudine* (paralleli).

Quando è mezzogiorno a Roma, lo è anche per tutte le città che trovansi sul circolo massimo che passa per i due poli e per quella città; e così pure quando, dopo 40 minuti, è mezzogiorno a Parigi, tutti i paesi per cui passa il meridiano di questa capitale contano essi pure mezzodì. I luoghi situati sopra un istesso parallelo hanno longitudini diverse, le quali si contano da un punto fisso, verso oriente e verso occidente da 0′ a 180′; le differenze di longitudini equivalgono dunque a differenze di tempo in ragione di 4 minuti o 4 sessantesimi di ora per ogni grado di longitudine; di guisa che ogni

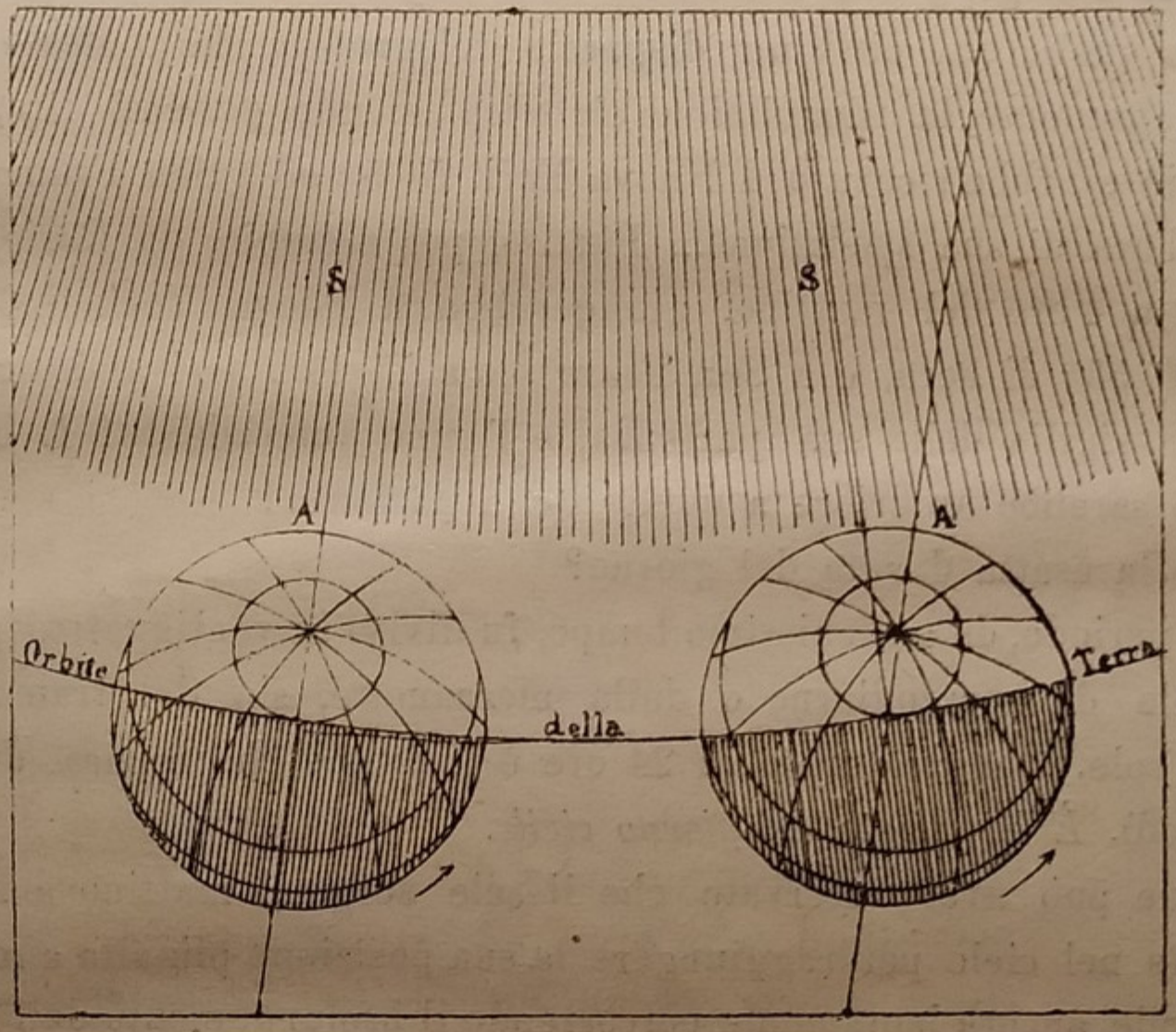


Fig. 9. — Differenza tra la durata del giorno e quella della rotazione della Terra.

paese che trovasi di un grado più ad oriente od a ponente di un altro ha il mezzodì quattro minuti prima o dopo di quello; e così in proporzione.

Quando è mezzogiorno a Roma, i paesi qui sotto citati contano le ore scritte di fianco ad essi.

Roma	12h	—	mer.
Berlino	12	4m	p.
Parigi	11	20	ant.
Vienna	12	16	pom.
Stoccolma	12	23	p.
Pietroburgo	1	12	p.
Suez	1	20	p.
Teheran	2	36	p.
Bukhara	3	23	p.
Delhi	4	20	p.
Ava	5	34	p.
Pekino	6	57	p.
Jeddo	8	30	p.

Isole Aleutine	12h	51m	ant.
San Francisco	3	1	a.
Messico	4	34	a.
Nuova Orleans	5	10	a.
Cuba	5	41	a.
Nuova York	6	14	a.
Quebec	6	22	a.
Mogador	10	52	a.
Lisbona	10	34	a.
Londra	11	10	a.
Brusselle	11	34	a.
Madrid	10	56	a.
Amsterdam	11	30	a.

L'Italia geografica da Fiume al Cenisio ha una larghezza percorsa dal sole in 32 minuti, mentre il sole impiega 49 minuti a passare dall'uno all'altro dei meridiani estremi che limitano nella sua maggior larghezza la Francia geografica dal Reno all'Oceano. Carlo V si vantava dell' estensione dei suoi Stati dicendo che su di essi « il sole non tramontava mai ».

Ma in che, e come i famosi Stati di Carlo V contribuirono al progresso dell'umanità? Non è nè la statura dell'uomo nè il suo peso che fanno la grandezza.

Notiamo di passaggio una conseguenza abbastanza curiosa delle differenze di tempo. La città di Nuova York, per esempio, è di 5 ore e 5 minuti in ritardo sopra Parigi, e San Francisco lo è di 8^h 19^m. Se pertanto da Parigi si spedisse a quelle due città un dispaccio telegrafico, che potesse venir trasmesso direttamente, la trasmissione elettrica essendo, per così dire, istantanea, il dispaccio sarebbe ricevuto a Nuova York 5^h 5^m ed a San Francisco 8^h 19^m *prima* dell'ora di sua spedizione... Partito, per esempio, da Parigi il 1.° gennajo 1882 a 4 ore del mattino, giungerebbe a Nuova York il 31 dicembre 1881 a 10^h 55^m di sera, e a San Francisco a 7^h 41^m, arrivando così a destinazione la vigilia della sua partenza, e l'anno antecedente! Il bollo postale dell'arrivo sarebbe anteriore a quello della partenza!

Quale è la esatta durata del giorno?

Questo periodo, da antichissimo tempo, fu diviso in ventiquattro parti uguali, contate sia da mezzogiorno o dalla mezzanotte, sia dal tramontare o dal levar del sole. Questa durata di 24 ore è il tempo che separa due consecutivi mezzodì. *È la durata del giorno civile.*

Chiunque può aver osservato che il sole sorge il mattino a levante, sale lentamente nel cielo per raggiungere la sua posizione più alta a mezzogiorno; poi discende ancora lentamente percorrendo il prolungamento dell'arco obliquo prima percorso, e tramonta la sera a ponente. — Chi si trova in tal posizione da avere l'oriente (est) alla sua sinistra, e l'occidente (ovest) a destra, vede innanzi a sè quella plaga di cielo che chiamiamo il sud (mezzodì), e ha dietro di sè il nord (settentrione e tramontana). Quando pertanto noi guardiamo il sud, abbiamo dietro di noi il polo nord. Orbene si dà il nome di *meridiano* ad un circolo massimo della sfera celeste che si imagina passare al disopra del nostro capo, partendo dal polo nord e toccando il polo sud; il qual circolo è evidentemente verticale ed egualmente distante dall'est e dall' ovest. Ora, il sole attraversa questo circolo appunto a mezzogiorno: si dice quindi che il sole in quel momento passa pel meridiano. Fra due passaggi consecutivi del sole al meridiano si contano 24 ore.

L'osservazione costante del cielo ha provato che quella cifra non rappresenta però la vera durata della rotazione della Terra. Infatti il sole, non

ritorna guari tutti i giorni esattamente al meridiano al medesimo istante: ora è in ritardo, ora anticipa. Se invece si osserva una stella, si può accertare il fatto che essa sorge all' est come il sole, tramonta all' ovest, e come esso passa al meridiano, ma con una matematica puntualità. Tra due passaggi consecutivi di una stella pel meridiano si contano sempre 86,164 minuti secondi, mai uno di più nè uno di meno. Questi 86,164 secondi non fanno 24 ore precise, ma solo 23 ore, 56 minuti e 4 secondi. Questa è la *durata precisa* e costante del *movimento di rotazione della Terra.*

La differenza fra questa durata e quella del giorno solare si spiega abbastanza agevolmente se si riflette al modo con cui la Terra ruota intorno a sè stessa e gira intorno al Sole. Consideriamo il globo terrestre ad un istante qualunque (fig. 9). Esso gira intorno al Sole da sinistra verso destra seguendo una linea quasi chiusa che impiega un anno a percorrere, e nello stesso tempo ruota sopra sè stesso nel senso indicato dalla freccia, che è del pari da sinistra a destra. A mezzodì il punto *A* (posizione di sinistra) trovasi appunto davanti al sole, cioè nel meridiano che passa pel sole. Allorchè la Terra avrà compiuto un' intera rotazione, *e ciò accadrà* il giorno dopo, essa si troverà trasportata nella posizione di destra, e il meridiano del luogo *A* si troverà precisamente com'era il dì prima. Ma il traslocamento della Terra verso la destra, cioè il suo cambiamento di posto nell' orbita, avrà per leggi di prospettiva, spostato il sole verso sinistra, e affinchè il punto *A* ritorni ancora dinanzi al sole (nel meridiano che passa pel sole a mezzodì) e conti mezzogiorno, è mestieri che la Terra continui a ruotare su sè stessa ancora per 3 minuti e 56 secondi; e questo avviene tutti i giorni dell'anno. Segue da ciò che la durata del giorno solare o civile supera di alquanto quella della rotazione diurna del globo, durata che porta eziandio il nome di *giorno sidereo.* L'anno conta 365 giorni solari e un quarto; ma in realtà conta 366 rotazioni e un quarto, una di più appunto.

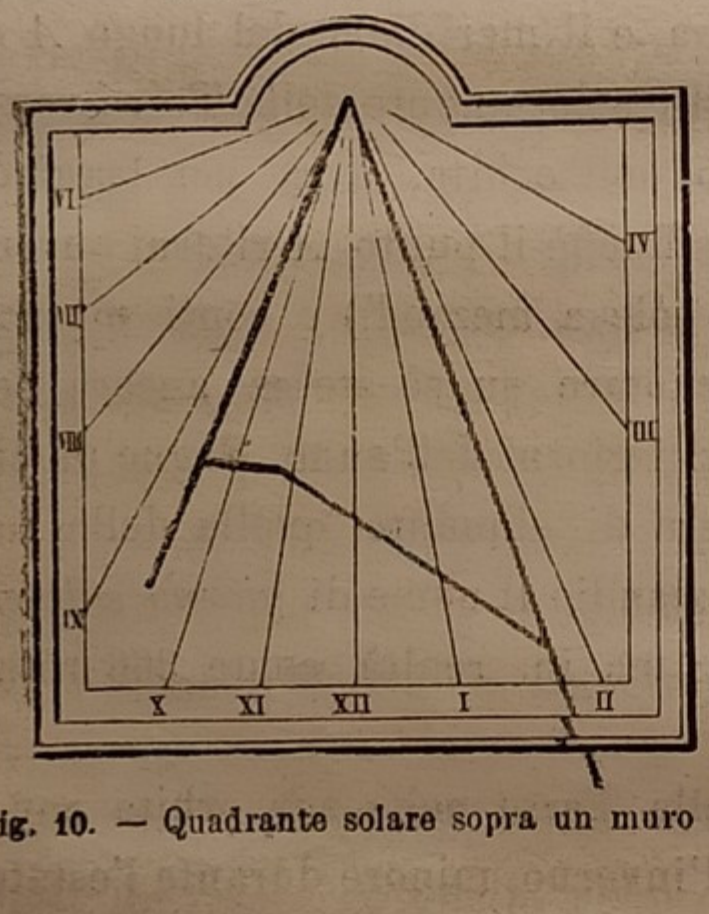
Osserviamo qui, ancora, che la velocità della Terra nella sua orbita non è costantemente la stessa; essa è maggiore nell'inverno, minore durante l'estate; ne risulta che l'eccesso di rotazione che deve fare la Terra ogni giorno per compire il giorno solare, varia da una stagione all' altra, e tra due mezzodì solari consecutivi non decorrono sempre esattamente 24 ore. Ma siccome sarebbe cosa disagevole e nojosa il far subire agli orologi questa variazione, e poichè è tanto maggiore la necessità di regolarli una volta per sempre in quanto ch' essi facilmente si sconciano da sè medesimi, così il tempo civile vien regolato secondo un sole fittizio che si suppone passi tutti i giorni al meridiano a mezzogiorno preciso. *Un orologio ben regolato non deve camminar col sole,* perchè in fatto esso non può trovarsi in accordo che quattro volte all'anno col quadrante solare. (Meridiana volg. detta.) A molti dei

nostri lettori può interessare di conoscere la differenza che deve esistere fra un orologio ben regolato e il quadrante solare. Ecco pertanto qual ora deve segnare l'orologio al momento del mezzodì solare. Le ore sono calcolate per l'anno 1879, ma possono approssimativamente servire anche pel 1882, giacchè le differenze non sono che di pochi secondi.

Differenza tra il tempo civile e il tempo solare.

Ora che deve segnare un orologio al momento del mezzogiorno della Meridiana.

1.° gennajo . .	mezzogiorno	4m	p.	15 luglio . .	mezzogiorno	5m	p.
15 » . .	»	10	p.	25 » . .	»	6	p.
1.° febbrajo .	»	14	p.	15 agosto .	»	4	p.
15 » . .	»	14 ½	p.	31 » . .	»	0	—
1.° marzo .	»	11	p.	15 settembre .	11	55	a.
1.° » . .	»	9	p.	1.° ottobre . .	11	49	a.
1.° aprile .	»	4	p.	15 » . .	11	46	a.
15 » . .	»	0	—	3 novembre .	11	43	a.
1.° maggio . .	11	57m	a.	16 » .	11	44	a.
17 » . .	11	55	a.	1.° dicembre .	11	49	a.
1.° giugno . .	11	57	a.	15 » .	11	55	a.
15 » . .	mezzogiorno	0	m.	25 » .	mezzogiorno	0	—
1.° luglio . .	»	3m	p.				



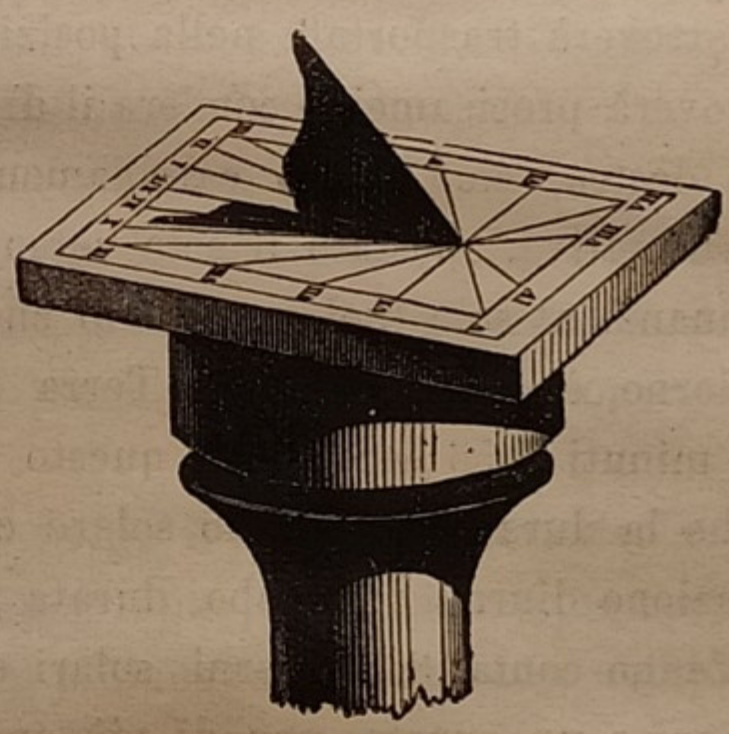


Fig. 10. — Quadrante solare sopra un muro verticale. **Fig. 11.** — Quadrante solare sopra lastra orizzontale.

Si osservi che alle date 15 aprile, 15 giugno, 31 agosto e 25 dicembre, il tempo civile coincide col solare; mentre che anticipa dal 25 dicembre al 15 aprile e ritarda da quest'epoca al 15 giugno per poi precorrerlo da mezzo giugno al 31 agosto, dopo la qual data torna a ritardare fino al 25 dicembre.

L'uso di regolare gli orologi pubblici e da tasca sul tempo medio non è molto antico; esso data dal 1816. Tuttavia fin dai tempi di Luigi XIV, l'Associazione degli orologiaî di Parigi aveva per insegna blasonica un orologio a pendolo coll'orgogliosa divisa: *Solis mendaces arguit horas.* (Esso prova che le ore del sole sono mendaci). Tutti conoscono i quadranti solari, sui

quali l'ombra di uno stilo esposto al sole indica approssimativamente l'ora solare. Nella maggior parte dei casi si approfitta di un muro a superficie liscia, verticale (fig. 10) e convenientemente esposto al sole (orientato); su di esso collocasi lo stilo e si tracciano le linee orarie sulle quali deve successivamente cadere l'ombra dell'estremità dello stilo. Si può tuttavia, e molto più facilmente, costruire un quadrante solare con una superficie piana, orizzontale (fig. 11); ad ogni modo la si può altresì con una superficie comunque inclinata, e anche sopra una superficie curva, qualunque ne sia la forma e la

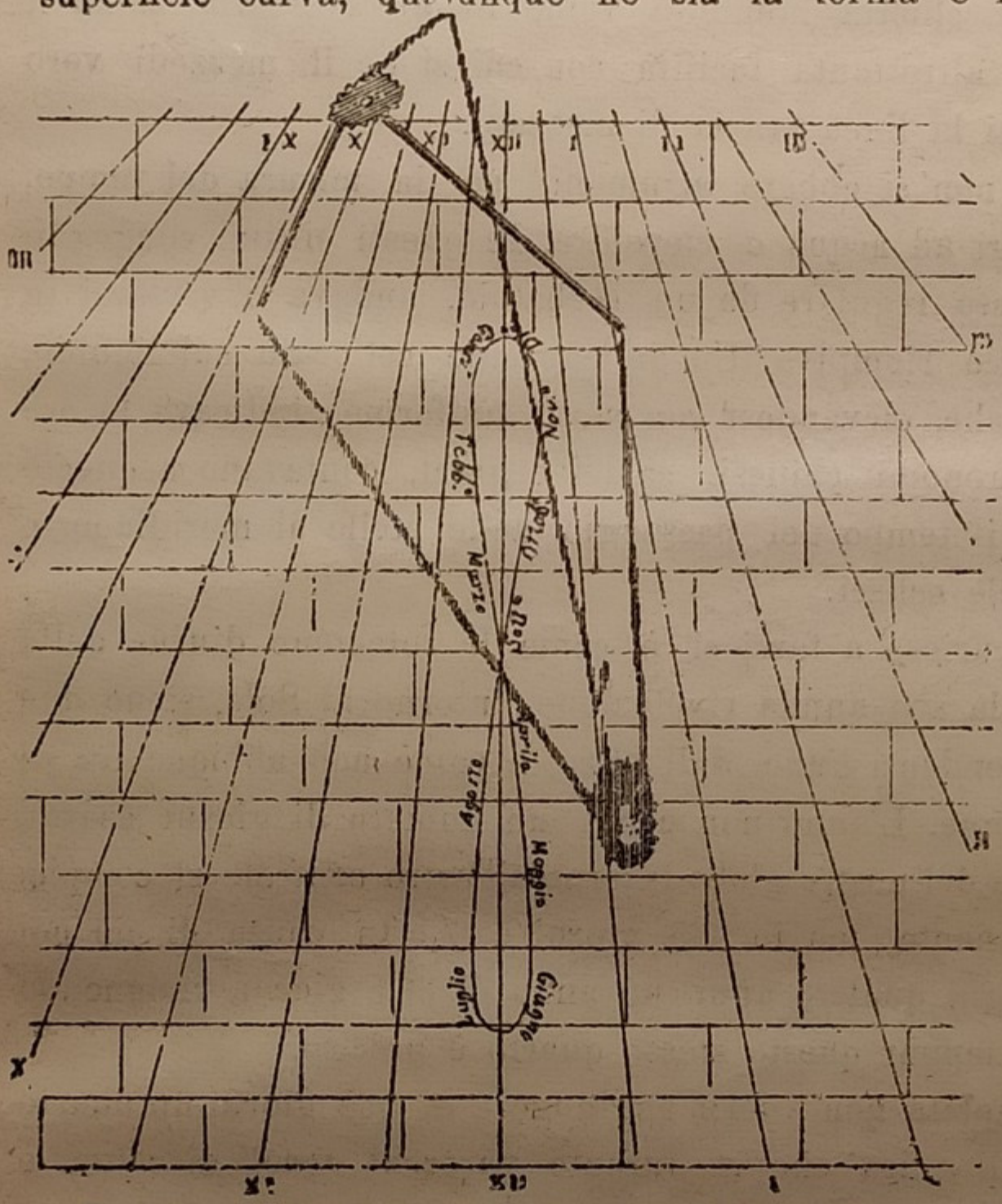


Fig. 12. — Quadrante solare colla meridiana del tempio medio.

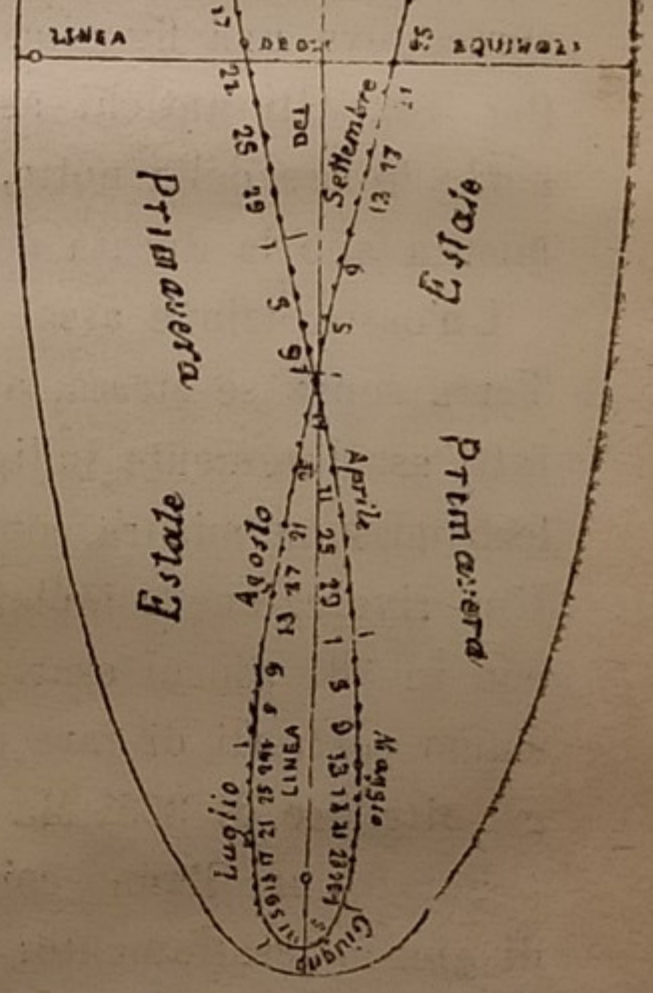


Fig. 13. — Dettagli della meridiana.

posizione. La sola condizione a cui deve soddisfare una superficie, perchè vi si possa tracciar sopra una Meridiana, è che essa riceva i raggi solari per una certa parte della giornata prima e dopo mezzodì.

I quadranti solari, naturalmente, non possono indicare che il tempo solare. Chi volesse servirsene per regolare un orologio che segni il tempio medio, deve ricorrere alla tavola della *equazione del tempo*, che abbiamo dato più indietro.

Tuttavia, si è potuto dare ai quadranti solari una disposizione tale da fornire direttamente le indicazioni relative al tempo medio. La disposizione più in uso consiste nel tracciare sopra un quadrante solare fisso, il cui stilo porta una lastra forata (gnomone), una linea curva, il cui ufficio è di far conoscere, dì per dì, il momento in cui cade il mezzogiorno medio. Siffatta curva, che si chiama *meridiana del tempo medio*, ha la forma di un 8 allungato, come si vede nella fig. 12 e meglio ancora nella fig. 13.

Ogni giorno, all' istante del mezzodì medio, il piccolo spazio o circoletto illuminato *a* (fig. 12) deve trovarsi sulla curva; di guisa che, osservando il momento in cui quella macchietta luminosa viene ad attraversarla, si ha il mezzogiorno medio, con altrettanta facilità con cui si ha il mezzodì vero osservando l'istante in cui la linea oraria di mezzodì.

Durante molti secoli, non si ebbero strumenti per la misura del tempo, tranne gnomoni ad orologi ad acqua o clepsidre. In questi ultimi congegni, l'acqua colando con efflusso regolare da un serbatojo, andava a versarsi in un vaso che a poco a poco riempiva. Un galleggiante collocato sul liquido, sorreggeva una figurina che, elevandosi con moto uniforme, indicava le ore (fig. 14). Gli antichi astronomi chinesi, caldei e greci, contavano a questo modo le ore della notte, il tempo del passaggio delle stelle al meridiano, e misuravano la durata delle eclissi.

Un'osservazione assai curiosa a farsi si è, come la rotazione diurna della Terra sopra sè stessa, e la sua annua rivoluzione intorno al Sole, sieno due fatti assolutamente indipendenti l'uno dall' altro, e come non abbiano fra di loro nessuna misura comune. L'anno non conta un numero di giorni esatto. Una rivoluzione completa del nostro globo intorno all'astro centrale si compie, non in 365 giorni esattamente, ma in 365 giorni e $^1/_4$. In causa di ciò noi siamo costretti di fare ogni quattro anni un anno di 366 giorni, rimanendo gli altri tre di 365. Ma neppur questo stesso quarto è preciso.

Per formar l'anno completo non vuolsi aggiungere ai 365 giorni un quarto di giorno esattamente; di guisa che se durante parecchî secoli si contasse regolarmente un anno bisestile sopra quattro anni normali, si andrebbe troppo adagio, e ci troveremmo sensibilmente in ritardo colla natura.

Questo è, invero, quello che accadde già, e che diede motivo nel 1582 alla riforma del calendario, ordinata da papa Gregorio XIII. In quell'anno si dovettero aggiungere dieci giorni, che si erano, per così dire, accumulati dall'epoca in cui Giulio Cesare, un secolo avanti l' èra volgare, aveva fatto aggiungere un quarto di giorno all'anno fino allora adottato di 365 giorni precisi, ed introdotto un anno bisestile ogni quattro anni comuni. Gli astronomi del sedicesimo secolo corressero quello che avevano fatto i loro predecessori; il 5 ottobre del 1582 si chiamò il 15 in tutti i paesi cattolici, e venne deciso

che, per evitare il riprodursi di un così fatto divario si sopprimerebbero per lo innanzi tre anni bisestili secolari sopra quattro. Perciò gli anni 1700, 1800 e 1900, bisestili secondo il calendario antico, nol son più pel nuovo, ma lo sarà l'anno 2000. Vi sono dei paesi, come la Russia, i quali per ragioni politiche o religiose non hanno peranco adottata questa riforma, e preferiscono trovarsi in disaccordo colla natura che d'accordo col papa; essi avendo ritenuto come bisestili gli anni 1700 e 1800, sono attualmente in ritardo di dodici giorni. Di qui a 20 anni, continuando essi ad attenersi al calendario di Giulio Cesare, si troveranno in ritardo di tredici giorni. — La durata precisa di un anno è di 365 giorni, 5 ore, 48 minuti, 47 secondi, cioè: 562^{s}. 242.

Questa è la durata del così detto *anno tropico*, vale a dire della rivoluzione delle stagioni, le quali costituiscono per noi il fatto principale del moto apparente del Sole, e lo traducono coi suoi effetti nei fenomeni della natura Quello è per noi il vero anno, l'anno *meteorologico*, l'anno civile. Ma pure non è esattamente la durata precisa della rivoluzione della Terra intorno al Sole. In forza della precessione degli equinozî, di cui fu già fatto parola nel precedente capitolo, e che fra breve spiegheremo minutamente, allorchè la Terra ritorna, in capo all'anno, al punto dell'equinozio di primavera, essa si trova ancora per più di 20 minuti (in tempo) indietro dal punto dello spazio a cui deve ritrovarsi perchè abbia compiuto una rivoluzione completa intorno al Sole. La rivoluzione astronomica della Terra, ossia il suo *anno sidereo*, è di 365 giorni, 6 ore, 9 minuti, 11 secondi; ossia: 365^{g}. 256.

La Terra girando circolarmente intorno al Sole (nel fatto essa percorre una ellisse che molto s'avvicina ad una circonferenza), la linea ch' essa descrive così non ha principio nè fine; di modo che la natura stessa non si è per così dire incaricata di contrassegnare con qualche circostanza o fatto speciale l'istante e il luogo in cui l'anno comincia e in cui finisce. Del resto nè l'anno nè il giorno non hanno, a rigor di parola, nè un principio nè un termine.

Ai tempi di Carlo Magno, in Francia e in tutti i paesi che facevano parte del suo grande impero, si cominciava l' anno al Natale. Questo giorno era doppiamente celebre per due ragioni: la prima perchè era la festa della nascita di Cristo; la seconda, perchè segnava il rinnovarsi dell' anno. Quella antica costumanza lasciò delle traccie imperiture nei costumi sassoni, inquantochè, oggi ancora, in Germania e in Inghilterra (e in Italia pure) il giorno di Natale si festeggia con maggior solennità che non il 1.° di gennajo.

Sarebbe stato più logico e ad un tempo più aggradevole il chiuder l'anno col finir dell'inverno e di incominciarlo col vero ritorno del sole sul nostro emisfero, vale a dire di fissare il rinnovamento dell' anno all' equinozio di primavera (21 marzo), o di lasciarlo al 1.° marzo, come era duemila anni addietro. Ma, tutto all'opposto, si volle scegliere precisamente la stagione più

uggiosa che imaginar si possa, e si sostituì la festa degli augurî per l'avvenire, nel bel mezzo del freddo, nel cuore della stagione della pioggia, della neve e delle brine! Ben trecento anni e più sono già passati dacchè tal costume fu adottato in Francia, giacchè data da un editto del re Carlo IX (1563) di funesta memoria. — Non fu adottato in Inghilterra che nel 1752, ciò che diede occasione a una vera benchè comica sommossa: le signore si videro invecchiate non soltanto di undici giorni, ma bensì di tre mesi, giacchè il millesimo dell'anno si trova cambiato al 1.° di gennajo invece di esserlo al 25 di marzo, ed esse non perdonarono quell'ingrata sorpresa al promotore della riforma; d'altra parte gli operaî perdendo in apparenza un trimestre della loro paga annuale, si ammutinarono senza capire che tutto ciò non era che una parvenza, e il popolo inseguì lord Chesterfield per le vie di Londra, gridandogli in faccia: *Rendeteci i nostri tre mesi!* Ma alcuni almanacchi inglesi di quel tempo assicurarono il pubblico che tutta la natura era in accordo e che « i gatti stessi, i quali avevano l'abitudine di cadere col naso in giù all'istante in cui si rinnova l'anno, erano stati veduti far lo stesso alla nuova data ». — I Napoletani avevano già affermato che fin dal 1583 il sangue di san Gennaro s'era liquefatto dieci giorni più presto, cioè il 9 settembre invece del 19! Questi argomenti superstiziosi o puerili valgono quanto quelli dei Romani, i quali pretendevano d'ingannare il Destino chiamando — « due volte sesto » — *bis sextus*, invece di settimo, il giorno intercalato in febbrajo ogni quattro anni. Mercè siffatto sotterfugio, febbrajo conservava sempre i suoi 28 giorni, e si evitavano così un sacrilegio e gravi sventure pubbliche. Quel giorno supplementare, nascosto in quel modo fra due altri, sfuggiva all'occhio di Giove!

Fig. 11.
Antica clepsidra ad acqua.

Lo stabilire il principio dell'anno al 1.° gennajo non è solamente disaggradevole e contro ragione, ma aumenta ancora le irregolarità del calendario, mutando il senso delle denominazioni dell'anno. L'anno romano cominciava il 1.° marzo, e i dodici mesi erano distribuiti come segue:

1. Mars, Dio Marte.
2. Aprilis, Afrodite (Venere).
3. Maia, Dea Maja.
4. Junius, Dea Giunone.
5. Quintilis, quinto.
6. Sextilis, sesto.
7. September, settimo.
8. October, ottavo.
9. November, nono.
10. December, decimo.
11. Januarius, Dio Giano.
12. Februo, Dio dei Morti.

Il primo mese era consacrato al Dio della guerra supremo patrono dei Romani, l'ultimo alla memoria dei morti. Quintilis e Sextilis sono diventati Luglio ed Agosto, in onore di Giulio Cesare e di Augusto. Tiberio, Nerone e Commodo tentarono di farsi dedicare i mesi successivi; ma fortunatamente per l'onor dei popoli, non vi riuscirono.

Oggidì, il mese a cui abbiamo conservato la denominazione del 7° mese dell'anno, *september*, si trova essere invece il 9°; ottobre che era l'8° diventò il 10°; novembre diventò l'11°; e il dicembre, 10°, si trova essere il 12° ed ultimo. Si ponno concepire indicazioni così assurde? E tutto questo per aver trasportato il principio dell' anno, da marzo quando comincia la primavera al gennajo, mese in cui il tempo è in generale il più uggioso della terra!

Pertanto i nomi dei mesi nulla hanno di comune, nè col calendario cristiano (poichè sono pagani), nè colla loro propria origine (poichè sono trasposti), e non hanno neppure il carattere climatologico di quelli del calendario repubblicano francese, tanto eufemici e felicemente ideati. Come corrispondevano bene quei nomi colle scene della natura! Essi avevano la stessa desinenza in ciascuna stagione, e si collegavano coi fatti meteorologici ed agricoli annuali; *véndemiaire* (vendemmiale) corrispondeva al tempo della raccolta delle uve; *pluviôse* (piovoso) all'epoca delle pioggie; *frimaire* (brinoso) a quella delle brine; *germinal* (germinale), *floréal* (florile), *prairial* (pratile) sembravano silvi danzanti al lieto sole della primavera; *fructidor* (fruttidoro) annunciava i frutti; *messidor* (messidoro) le messi. Ecco qui, nella seguente tabelletta, registrata la corrispondenza fra questi mesi e quelli del calendario in uso:

Vendémiaire	dal 21 settembre	al 20 ottobre		*Germinal*	dal 20 marzo	al 18 aprile
Brumaire	» 21 ottobre	» 19 novembre		*Floréal*	» 19 aprile	» 18 maggio
Frimaire	» 20 novembre	» 19 dicembre		*Prairial*	» 19 maggio	» 18 giugno
Nivôse	» 20 dicembre	» 18 gennajo		*Messidor*	» 19 giugno	» 17 luglio
Pluviôse	» 19 gennajo	» 17 febbrajo		*Thermidor*	» 18 luglio	» 16 agosto
Ventôse	» 18 febbrajo	» 19 marzo		*Fructidor*	» 17 agosto	» 20 settembre.

Queste date cambiano con quelle dell'equinozio. Ogni mese aveva 30 giorni, e si aggiungevano 5 o 6 giorni complementari secondochè l' anno era o no bisestile. Era questa però una complicazione tanto più bizzarra in quanto che la moda dominante in quei giorni aveva fatto dar loro il nome di *Sansculottides* (1). (Pur troppo questa povera creatura che chiamasi uomo, deve sempre cadere nelle esagerazioni.) Soggiungiamo ancora però che queste denomi-

(1) *Sans culottides:* qualificativo che suonerebbe « giorni di Sans-culottes », i quali oggidì direbbersi *Scamiciati*. Sotto la quale denominazione sogliono da noi, all' usanza spagnuola i gaudenti obesi, indicare quella infelice classe di proletarî che allo stremo di tutto cerca lavoro per aver pane e nol trova, e qualche volta esacerbata dai patimenti e dall'esperienza durissima dell'umana ingiustizia, si ribella alle leggi sociali, e traviata o fuor di senno, erompe in sommosse come massa, o alla spicciolata si sbanda al saccheggio, alla rapina, al brigantaggio. IL TRAD.

nazioni inspirate dai climi dell'Europa centrale, non corrispondevano perfettamente nè all'emisfero australe, nè manco a tutto l'emisfero nostro (boreale).

V'hanno inoltre talune persone, le quali preferirebbero che gli anni non si contassero affatto. Tale era almeno l'avviso di quelle due dame della Corte di Luigi XV, le quali avevano l'abitudine di discutere insieme, nell'ultima settimana d'ottobre, l'età che dovevano avere l'anno seguente.

Checchè ne sia, ora siamo tutti abituati ad incominciare l'anno al 1.° gennajo, e in questa circostanza ci scambiamo i meglio architettati e artefatti complimenti per l'anno nuovo. Se qualche abitante degli altri mondi visitasse in tale epoca il nostro globo, potrebbe egli credere che quaggiù da noi la vita sia considerata come il maggiore dei beni, e la morte come una spaventevole catastrofe? Nulla gli varrebbe leggere quei versi di Lamartine:

« C'est encore un pas vers la tombe
Où des ans aboutit le cours,
Encore une feuille qui tombe
De la couronne de nos jours! » (1).

Al vedere la sollecitudine con cui reciprocamente ci felicitiamo di esserci scaricati di uno degli anni di vita che a ciascuno assegna il destino, l'osservatore extra terrestre non potrebbe a meno di conchiudere che tutti gli uomini sono molto impazienti di giungere al termine della loro mortale carriera e di sbarazzarsi di un incomodo peso. Questo osservatore imparziale non mancherebbe di aggiungere a tutte le imperfezioni umane classificate dai moralisti, anche la incoerenza. È vero che ve ne hanno altre assai che presero posto nei costumi e nel linguaggio umano. La giovinetta più avvenente e simpatica, non s'umilia essa al dì d'oggi fino ad offrire dell'oro per farsi accettare da un fidanzato che si rispetti? e poi la dote non è mai quasi sufficiente, poichè le due famiglie riunite dinanzi al notajo non mancano di far aggiungere al contratto nuziale la clausola relativa alle *speranze*, le quali sottintendono che il padre e la madre non tardino troppo a partire per un altro mondo!... Ecco dei costumi che debbono essere ignoti agli abitanti di Venere!

(1) È ancora un passo verso la tomba ove mette capo la nostra vita; è ancora una foglia caduta dalla corona dei giorni nostri.

CAPITOLO III.

In che modo la Terra gira intorno al Sole. — Inclinazione dell'asse. Stagioni. — Climi.

Abbiamo fin qui studiato la rotazione diurna del nostro globo così nella sua forma come nei suoi effetti, e l'osservazione del numero dei giorni di cui è composto l'anno ci ha condotti allo studio della rivoluzione annuale intorno al Sole. Proseguiamo l'analisi di questi movimenti; perocchè essi costituiscono la base stessa della conoscenza generale della natura.

Il mobile pianeta su cui si svolge la tela dei nostri capricciosi destini, viaggia nello spazio seguendo il suo fatale cammino intorno al massimo luminare. Il giorno succede alla notte, la primavera all'inverno; il neonato apre gli occhî alla luce, il vecchio s'addormenta nelle tenebre del sepolcro; i frutti cadono dagli alberi, rinascono i fiori; le generazioni umane si succedono con rapidità, i popoli si trasformano, i secoli passano, la Terra sempre gira e l'Umanità progredisce con passo or lento, or celere, ma continuo, verso un ideale di perfezione cui forse raggiungerà soltanto sopra mondi migliori.

I climi e le stagioni sono la conseguenza della traslazione del nostro pianeta intorno al gran focolare di calore e di luce. Nelle regioni tropicali un sole ardente dardeggia i suoi raggi verticalmente, e la terra, ricca di acque in quella calda temperatura si riveste di una rigogliosa vegetazione: mentre nelle contrade polari, il sole non manda coi suoi raggi obliqui che una luce pallida e un debole calore: zone desolate sulle quali il viaggiatore si trova per più mesi in un triste crepuscolo, rotto soltanto dai bagliori intermittenti dell'aurora boreale.

L'orbita percorsa dal nostro globo nel suo annuo viaggio di circumnavigazione — ci si perdoni la parola — intorno al Sole, non è circolare, ma ellittica, come poc'anzi abbiam detto. Il lettore sa come usano i giardinieri per tracciare le periferie delle ajuole, e capirà che la ellisse riesce tanto più allungata, oppure più somigliante ad una circonferenza, secondo che sono più o men discosti fra loro i picchetti che servono a fissar sul terreno gli estremi della cordicella. Or fu riconosciuto che tutti i corpi celesti seguono, nei loro

movimenti, non delle circostanze, ma delle ellissi. Nella figura 17 si vedono in F F' i fochi dell'ellisse ; il diametro A A' chiamasi *asse maggiore*, e il dia-

Fig. 15. — Paesaggio delle regioni polari.

metro B B' *asse minore*, denominazioni che importa molto di non dimenticare. Se consideriamo l'orbita della Terra, noi possiamo accertarci che il Sole ne

occupa un foco, nulla trovandosi all'altro. Ne deriva che la distanza dal nostro globo al Sole varia di continuo durante tutto il corso dell'anno. Al 1.° di

Fig. 16. — Paesaggio delle regioni tropicali.

gennajo esso trovasi alla massima vicinanza, al 1.° di luglio alla massima distanza dal Sole. Il luogo dell'orbita che corrisponde alla prima di queste

posizioni dicesi *perielio,* l'altro dicesi *afelio.* Le differenze di queste distanze risultano dalle cifre che seguono:

Distanza perielia	Chilom.	145 700 000
» media	»	148 250 000
» afelia	»	151 800 000

Si vede pertanto che la Terra al 1.° di gennajo è di 6 milioni e 100 chilometri più vicina al Sole che al 1.° di luglio. La differenza fra la temperatura estiva e l'invernale ha la sua ragione, come vedremo fra poco, nella inclinazione dell'asse della Terra. Nell'inverno, i raggi solari lambiscono appena il nostro emisfero riscaldandolo debolmente, i giorni sono corti e le notti sono lunghe; per contro, nell'estate i raggi solari ci arrivano in direzione meno obliqua, i giorni son lunghi e brevi le notti. Ma, mentre il nostro emisfero boreale trovasi in pieno inverno, l'australe gode la canicola e reciprocamente. Siccome, inoltre, la differenza nelle distanze dalla Terra al Sole in gennajo e in luglio è abbastanza rilevante, è facile intendere come la stagione estiva dell'emisfero australe sia più calda della nostra, e la invernale meno rigida. Le denominazioni di inverno, di estate, di primavera e di autunno, applicandosi inversamente ai due emisferi terrestri, non possono servire parlando della Terra intera. Invece di dire solstizio d'inverno, solstizio d'estate, equinozio di primavera, equinozio d'autunno, è a preferirsi la dicitura: solstizio di dicembre, solstizio di giugno, equinozio di marzo, equinozio di settembre; queste denominazioni possono adottarsi parlando di tutta la Terra, poichè i nomi dei mesi sono i medesimi in qualsivoglia regione terrestre, sia in Australia, sia nell'America meridionale, come nell'Africa meridionale, in Asia e in Europa.

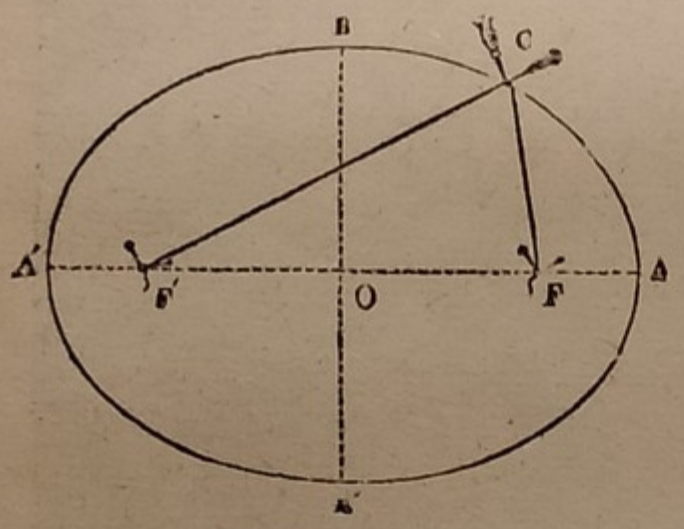


Fig. 17. — L'ellisse.

Il lettore potrà agevolmente rendersi conto del modo con cui la Terra gira intorno al sole, osservando la fig. 18. Una prima ispezione ci fa vedere che essa conserva sempre il suo asse di rotazione nella stessa direzione assoluta, sempre parallelo a sè stesso, e che non essendo perpendicolare, ma obliquo al piano dell'orbita, ciascun polo è alternativamente rischiarato dal Sole per sei mesi, e per altrettanti no. Nei due equinozî, il lembo circolare dell'emisfero illuminato passa precisamente per i poli, di maniera che, come è facile vedere, le ventiquattro ore del giorno sono divise in due eguali metà per tutti i paesi del globo. Ma di mano in mano che la Terra va avvicinandosi all'estate, l'inclinazione dell'asse fa sì che la luce solare arriva sempre più in là oltre il polo, talchè i paesi settentrionali hanno i giorni sempre più lunghi, e le notti

ognor più brevi. Si osserva il contrario se si considerino le posizioni della Terra durante il nostro inverno. Si vede, per esempio, che Parigi (segnata sul terzo circolo di latitudine) non ha, in dicembre, che otto ore di luce, e ne

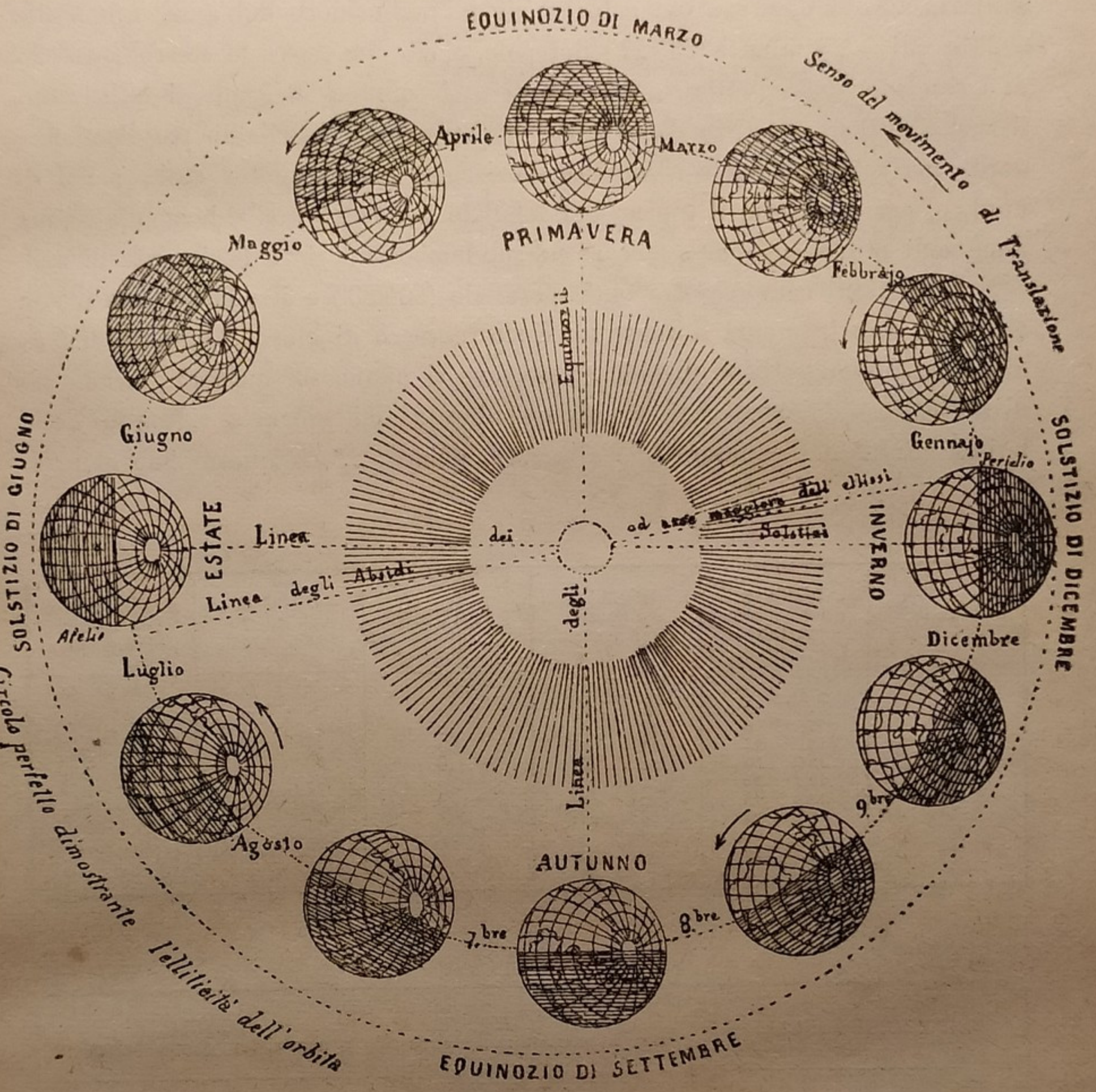


Fig. 18. — Movimento annuale della Terra intorno al Sole e produzione delle stagioni.

rimane sedici nelle tenebre della notte. Quanto più ci accostiamo al polo nord, tanto più cresce cotal differenza, poichè al polo medesimo si ha un giorno di sei mesi e una notte pur di sei mesi.

La figura 18 dovendo dimostrare il moto annuo della Terra intorno al Sole, vi si dovettero dare alla Terra dimensioni sensibili e non rappresentare il Sole, che colla sola sua posizione, giacchè per rappresentare questo astro nella proporzione del disegno, avrebbesi dovuto dargli un diametro di 1^m 84 ed

allontanarlo 200 metri dalla figura rappresentante la Terra. L'inclinazione dell'asse della Terra produce dunque per noi una differenza nella durata del giorno e della notte, a seconda della posizione dei paesi che abitiamo. Quando si arriva ad una distanza dal polo eguale all'inclinazione dell'asse, vale a dire a 23 gradi e 27 minuti (23° 27′) dal polo, o, ciò che torna lo stesso, a 66° 33′ di latitudine (dall'equatore a ciascun polo si contano 90 gradi di latitudine), il sole, il dì del solstizio d'estate (1), non tramonta (parliamo per l'emisfero nord), ma soltanto tende a lambire l'orizzonte a mezzanotte dalla parte di nord, e, per converso, il giorno del solstizio invernale non si leva affatto, ma a mezzodì giunge appena a toccare col suo lembo superiore l'orizzonte di sud.

Nelle regioni comprese fra quel parallelo (66° 33′) e il polo, il sole o non si leva o non tramonta durante un certo numero di giorni, numero che va aumentando sempre fino al polo stesso, ove si hanno sei mesi di giorno e sei di notte. La tabelletta che segue dà la durata dei giorni a riguardo della latitudine: 1.° dall'equatore fino al circolo polare; 2.° da questo fino al polo.

I.

LATITUDINE	DURATA del giorno più lungo		DURATA del giorno più corto		LATITUDINE	DURATA del giorno più lungo		DURATA del giorno più corto	
	h	m	h	m		h	m	h	m
0°	12	0	12	0	40°	14	51	9	9
5°	12	17	11	43	45°	15	26	8	34
10°	12	35	11	25	50°	16	9	7	51
15°	12	53	11	7	55°	17	7	6	53
20°	13	13	10	47	60°	18	30	5	30
25°	13	34	10	26	65°	21	9	2	51
30°	13	56	10	4	66°33′	24	0	0	0
35°	14	22	9	38					

II.

LATITUDINI BOREALI	IL SOLE non tramonta durante circa	IL SOLE non si leva durante circa
66°33′	1 giorno	1 giorno
70°	65 giorni	60 giorni
75°	103 »	97 »
80°	134 »	127 »
85°	161 »	153 »
90°	186 »	179 »

(1) Per quel picciol numero dei nostri lettori che ignorasse il significato e l'origine delle parole *sol tizio*, *equinozio*, le spiegheremo brevemente. L'alternativo moto apparente pel quale il sole passa da un emisfero celeste all'altro, ha un limite in ciascun di questi, chiamato *tropico*, parallelo che il sole sembra percorrere un giorno, per poi riprendere la sua corsa di ritorno; questa fermata di 24 ore è quel che dicesi *solstizio* (il sole sta). — Ogni volta che il sole attraversa l'equatore per passare da un emisfero all'altro, in quel giorno tutti i paesi hanno 12 ore di giorno e 12 ore di notte, dal qual fatto venne la parola *equinozio* (notte eguale al giorno).

L'Italia si estende in latitudine per circa 10°, dal parallelo 36° 40′ al 46° 40 prossimamente; Roma ha 41° 52′ di latitudine, cioè quasi 42°; pertanto il suo giorno più lungo durerà $16^h\ 4^m$, ed il più breve $8^h\ 56^m$. La Francia è compresa fra il 42° e il 51° grado di latitudine, e Parigi trovasi sotto il 48° 50′. Quivi pertanto la durata del giorno più lungo è di $15^h\ 58^m$; e quella del più breve è di $8^h\ 2^m$. Bisogna però aggiungere a questo calcolo geometrico la influenza della rifrazione atmosferica, di cui parleremo più innanzi (Cap. VI) per la quale gli astri pajono occupare sopra l'orizzonte una posizione più alta della effettiva. Noi, difatti, vediamo il sole sorgere prima ch'ei sia realmente levato, ed è già tramontato da alcun tempo mentre ancora lo vediamo. Ne deriva che il giorno più lungo a Roma è di $15^h\ 13^m$ e il più breve di $9^h\ 5^m$; a Parigi la massima durata del giorno riesce di $16^h\ 7^m$, e la minima di $8^h\ 11^m$. L'illuminazione dell'atmosfera aumenta ancora la durata del giorno, mercè l'aurora e il crepuscolo. L'atmosfera rimane illuminata fintanto che il sole tramontando discende obliquamente al nord-ovest, per riapparire l'indomani al nord-est, e che a mezzanotte, quando si trova precisamente al nord sotto l'orizzonte, non è distante che di 17° 42′, di maniera che la notte, al solstizio estivo, non è, per quelle latitudini, completa.

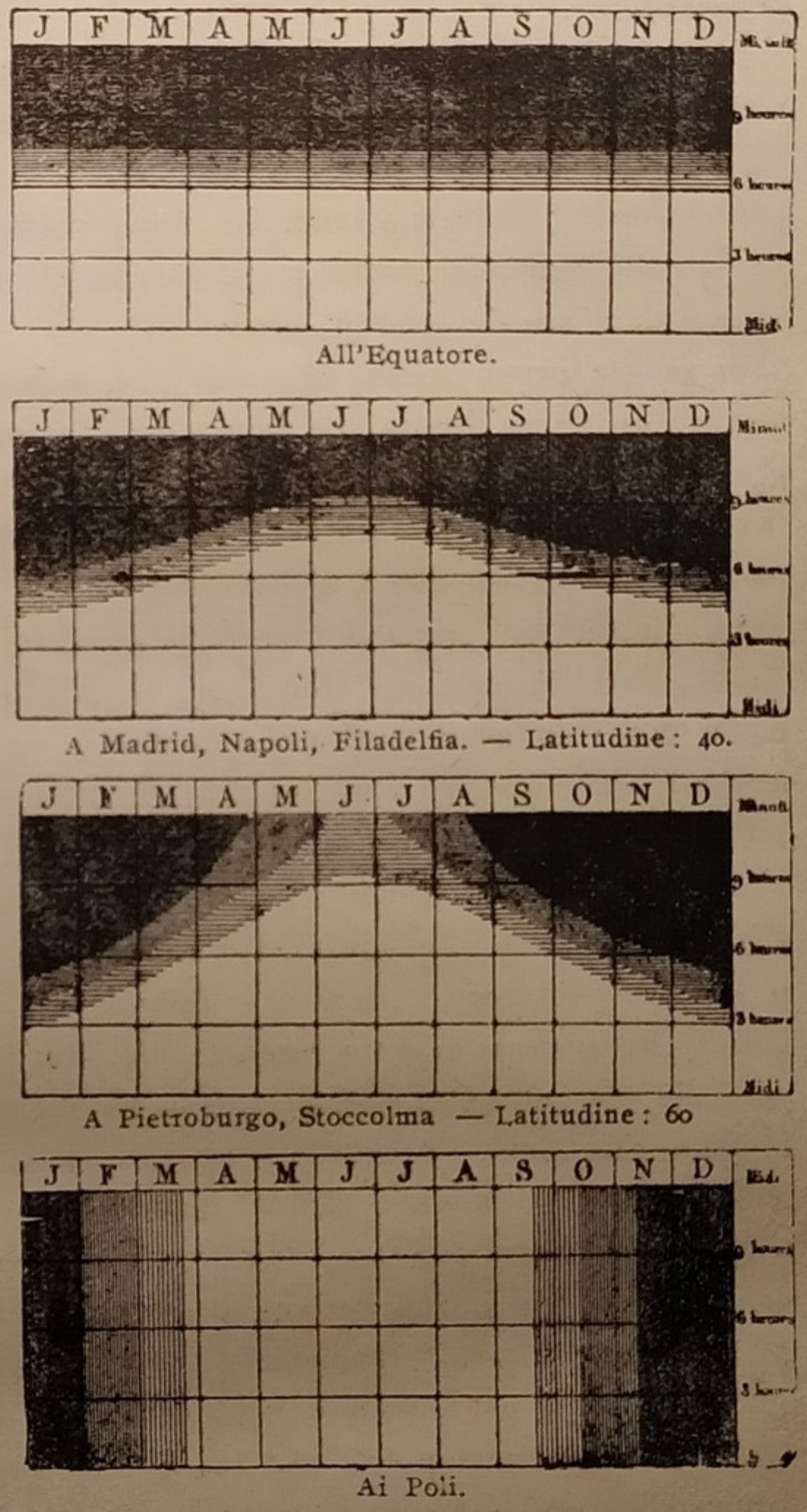


Fig. 19. — Durata del giorno e della notte in ciascun mese dell'anno.

Questo effetto è tanto più marcato quanto più alte sono le latitudini. A Pietroburgo, per esempio, al 21 giugno, a mezzanotte si ha ancora luce suf-

ficiente per poter scrivere. In grazia di questo stesso effetto di rifrazione, non è punto necessario di andare fino al circolo polare per non veder più tramontare il sole, e toccare l'orizzonte a mezzanotte. Al 66° grado di latitudine, in Svezia e in Finlandia, si gode di questo spettacolo, strano per noi: *il sole di mezzanotte.*

I quattro quadretti della figura 19, indicano il modo in cui sono ripartit i giorni e le notti sotto quattro latitudini diverse, nel corso di un anno. Non occorre dire che le tinte scure rappresentano la notte, le mezze tinte il crepuscolo, e il bianco il giorno. Le rette verticali sono contrassegnate dalle iniziali dei nomi dei dodici mesi, mentre le linee orizzontali corrispondono a cinque date ore del giorno solare.

Si vede a primo batter d'occhio che all'equatore i giorni e le notti sono sempre di egual durata. La figura relativa al polo nord ci mostra che il giorno vi dura dalla fine di marzo fin oltre la metà di settembre; se la si inverte, supponendo oscuro tutto lo spazio occupato dal bianco, e reciprocamente, essa corrisponderà al polo sud.

La durata del crepuscolo si vede crescere col diminuire della distanza dalle estremità dell'asse del globo, di guisa che la gran notte del polo è molto meno lunga di quello che dovrebbe essere se non vi fosse rifrazione atmosferica, e sarebbe anche molto più triste senza le aurore boreali che ne infiammano il cielo.

A partire dal 67° grado di latitudine, il sole più non si leva al solstizio d'inverno. Passano due giorni, tre giorni, passa un'intera settimana senza che il suo disco riappaja a mezzodì sull'orizzonte sud; soltanto una fioca luce indica che vi passa di sotto rasentandolo. Più innanzi, verso il polo, non riappare più per un mese, due mesi, e la natura resta sepolta in una notte tenebrosa e ghiacciata, rischiarata solamente dalla luna o dai bagliori intermittenti dell'aurora boreale. Addio giorno! La notte è continua, e succede alla notte, malgrado lo scoccare delle ore di qualche solitario orologio! Una delle ultime spedizioni intraprese per la scoperta del polo nord, quella dei navigatori inglesi Nares e Stephenson (29 maggio 1875 — 2 novembre 1877), la quale si è spinta più lontano di qualunque delle precedenti, fino cioè ad 82° 24′ di latitudine, non vide sole per 142 giorni; quasi cinque mesi di notte! Dal 6 novembre al 5 febbrajo la notte fu completa e oscurissima. Fin dall'8 novembre l'oscurità a *mezzodì* era tale che il leggere era impossibile. Ma in breve la luna venne a recare un riflesso della luce solare scomparsa, girando intorno al polo, senza arrestarsi, per dieci volte ventiquattro ore. Il termometro discese fino a 58° cent. sotto zero! Siffatte temperature così basse, non sono mai accompagnate da vento; se diversamente fosse, nessuna umana creatura vi resisterebbe. O agghiacciate solitudini del polo, voi avete già

avuto degli eroi che oggi sono per sempre sepolti sotto il vostro tetro lenzuolo! La via del polo è già segnata da martiri, ma questa non è già l'iniqua guerra dell'uomo contro l'uomo, è la conquista della materia fatta dallo spirito, la conquista della natura operata dal genio.

L'effetto prodotto dall'inclinazione della Terra sul moto apparente del sole, ha fatto dividere la superficie del globo terrestre in cinque zone: 1.° la zona tropicale, situata dall'una e dall'altra parte dell'equatore fino ai tropici, situati a 23° 37′ di latitudine; questa zona abbraccia tutti i paesi dove, in certe epoce dell'anno, si vede passare il sole allo zenit (1); 2.° le zone temperate (una per emisfero) per le quali il sole non tocca mai lo zenit, ma tramonta tutti i giorni; 3.° le zone glaciali, o calotte polari, tracciate intorno a ciascun polo alla latitudine di 66° 33′, per le quali il sole resta annualmente per parecchî giorni intorno ai solstizî, al disopra o al disotto dell'orizzonte. Come lo indicano le loro denominazioni, la prima è calda, perchè riceve quasi perpendicolarmente i raggi solari; le seconde sono temperate, perchè i raggi solari vi sono ricevuti più obliquamente; le ultime soro veramente glaciali, per la ragione che i raggi del sole non fanno, per così dire, che lambirne la superficie. Le predette zone hanno estensioni molto diverse: la zona torrida abbraccia i 40 centesimi della total superficie dello sferoide terrestre; le due zone temperate i 52 centesimi, e le zone glaciali gli 8 centesimi solamente. Pertanto le due zone temperate, dotate delle condizioni più favorevoli per l'abitabilità umana e per lo sviluppo della vita incivilita, comprendono più della metà dell'estensione della Terra; le zone glaciali, quasi affatto inabitabili, ne formano una piccolissima frazione.

Torniamo ora al moto della Terra intorno al Sole.

Essendochè l'attrazione del Sole diminuisce d'intensità colla distanza, e il moto di traslazione della Terra è governato da quell'attrazione, l'enorme palla che ci trasporta, viaggia più lentamente all'afelio, cioè in luglio, che al perielio, ossia in gennajo. La lunghezza totale dell'immensa curva descritta ogni anno dal globo è di 930 milioni di chilometri, ciclo percorso in 365 giorni, 6 ore, il che dà una velocità di 106 000 chilometri all'ora, 1767 al minuto, ovvero di 29 450 metri al secondo. Questa velocità decresce fino ad essere di 28 900 metri al 1.° luglio, e cresce fino a 30 000 al 1.° gennajo. Pertanto, in un giorno, nel tempo cioè ch'essa compie una rivoluzione sopra sè stessa, la Terra percorre nella sua orbita un tratto lungo 200 volte il suo diametro! — Settantacinque volte più rapido di quello di una palla da cannone, questo *moto* è tanto prodigioso, che se la Terra venisse repentinamente arrestata

---

(1) Imaginiamo una retta indefinita che passi, quando stiam ritti, pel centro del nostro capo e pei nostri piedi: l'estremità superiore si chiamerà *zenit*, l'inferiore al di là del'a Terra, che quella retta attraversa, denominasi *nadir*.

nella sua corsa, esso si trasmetterebbe, diremo così, per retrogradazione a tutte le molecole costitutive della massa terrestre, come se ciascuna di esse ricevesse un urto formidabile; la Terra intera diventerebbe luminosa, ed *un immenso incendio divorerebbe il mondo.* La Terra, non altrimenti che il Sole, non può essere arrestata nella sua corsa; un così fatto avvenimento sarebbe non soltanto il più grande della storia, ma non sarebbe nemmanco storico, poichè nessuno sopravviverebbe a raccontarlo.

Si è visto sulla nostra figura 18, che la linea percorsa dalla Terra dalla primavera all'autunno è un po' più lunga del ramo opposto compreso fra l'autunno e la primavera. Quest'ultima stagione e l'estate durano alquanto di più dell'autunno e dell'inverno, tanto più che la Terra stessa corre meno celeremente sulla sua orbita in estate che nell'inverno. Ecco, per un di più, la durata rispettiva delle stagioni, a 1/10 di giorno circa di approssimazione.

Fig. 20. — Divisione della Terra in cinque zone.

Primavera	92, 9
Estate	93, 6
Autunno	89, 7
Inverno	89, 0
Anno	355 1/4

Le stagioni astronomiche hanno principio agli equinozî ed ai solstizî vale a dire ai 20 di marzo, 21 giugno, 22 settembre e 21 dicembre circa, un dì prima o dopo, secondo gli anni

Geometricamente, queste date dovrebbero piuttosto contrassegnare il mezzo delle stagioni, inquantochè dal 21 giugno i giorni cominciano ad accorciarsi, e dal 21 dicembre cominciano ad allungarsi. La temperatura, invece, continua a crescere dopo il solstizio di giugno, in conseguenza dell'accumulazione del calore che va effettuandosi durante il giorno, e decresce dopo il solstizio di dicembre per la ragione contraria. La temperatura massima annuale si verifica verso il 15 luglio, e la minima verso il 1.° di gennajo. Analogamente il massimo diurno cade a 2 ore dopo mezzodì e il minimo verso le 4 del mattino.

L'asse di rotazione della Terra, prolungato col pensiero fino alla vòlta apparente del cielo, vi segna il polo, punto intorno al quale sembra che giri tutto il firmamento con moto contrario al verso della rotazione terrestre. La stella più vicina a siffatto punto ricevette il nome di *stella polare.* Tutte le stelle ruotano, in apparenza, intorno al polo in direzione opposta a quella del

moto rotatorio della Terra; allorchè si guarda il polo nord, questo movimento appare compiersi in verso contrario a quello del moto delle lancette di un orologio. Tutte le stelle, la cui distanza dal polo è minore dell'altezza del polo

Fig 21. — Stelle che circondano il polo nord e che non tramontano mai per la Francia.

sull'orizzonte, non tramontano mai: esse passano sul lembo settentrionale di esso e risalgono alla destra dello spettatore, ossia per l'est (1). Abbiamo se-

(1) Chi volesse conoscere le stelle che non tramontano mai sull'orizzonte di Milano, consideri che lo *zenit* nostro dista di 45° circa dal polo, e che per conseguenza l'altezza del polo sull'orizzonte nord è pure di 45°. Pertanto tutte le stelle comprese fra il polo e il 45° parallelo celeste (Tav. VI. Emisfero boreale) saranno quelle appunto che mai non scendono sotto il nostro orizzonte. Non saranno per conseguenza mai visibili per Milano le stelle comprese fra il polo sud ed il 45° parallelo celeste australe. IL TRAD.

gnate nella figura 21 le principali di queste stelle. Questa piccola Carta celeste ci sarà della massima utilità, anzitutto mostrandoci il moto del cielo stellato intorno al polo, poscia ajutandoci a imprimere tosto nella nostra mente le forme delle costellazioni perpetuamente visibili nelle nostre latitudini. Abbiamo avuto cura di non segnare che le stelle principali, per evitare complicazioni. È facile fissarci nella mente queste costellazioni boreali: l'Orsa minore, vicinissima al polo; l'Orsa maggiore (Carro di Boote) composta di sette stelle ben distinte, e sempre facili a riconoscersi; il Dragone, risultante di una lunga linea sinuosa di stelle, che comincia fra le due Orse; infine, Cefo, Cassiopea, Perseo e la Giraffa.

In seguito faremo più intima conoscenza con queste e con tutte le altre costellazioni; ma sarà tuttavia utile fin d'ora, pei nostri lettori, distinguere queste stelle nel firmamento ed imparare a identificarle colla pratica fin dalla prima sera serena (1). Consideriamo su questa Carta il posto del polo. Tutto quell'insieme ruota in 24 ore nel verso indicato dalle frecce. La posizione rappresentata è quella del cielo alla mezzanotte del 21 dicembre, che è la medesima del 20 marzo a 6 ore di sera, del 21 giugno a mezzogiorno e del 22 settembre a 6 ore del mattino. Se

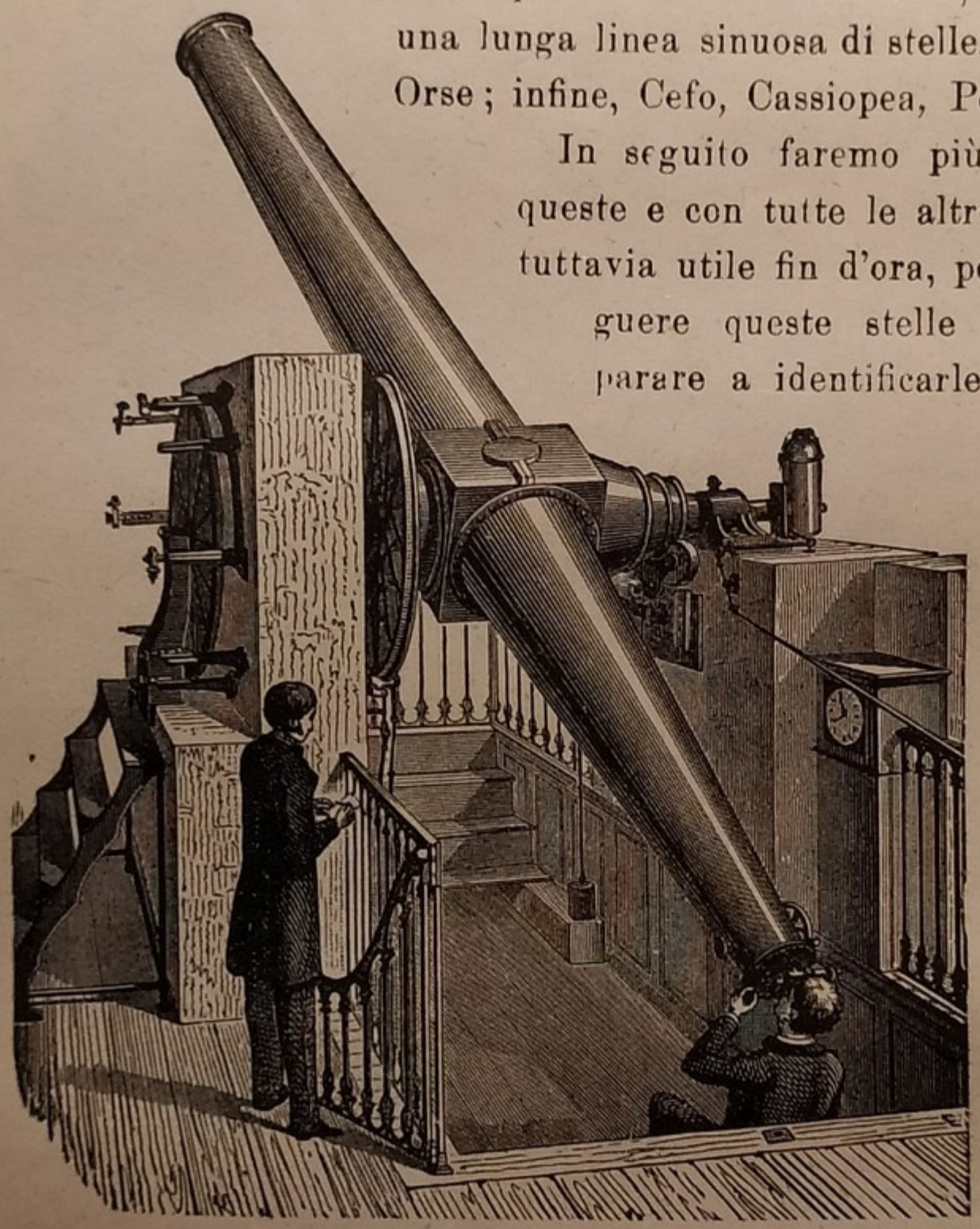


Fig. 22. — Circolo meridiano dell'Osservatorio di Parigi.

(1) È uso di designare le stelle mediante lettere dell'alfabeto greco. Quelli fra i nostri lettori che non conoscono questo alfabeto, s'imagineranno per avventura che esso presenti una difficoltà insuperabile. Niente affatto, fortunatamente. Ecco le lettere e i loro nomi. Con un po' di attenzione e di pazienza chiunque imparerà in dieci minuti a leggere le lettere delle stelle della Carta precedente

α alfa	η eta	υ nu	τ tau
β beta	θ theta	ξ xi	υ upsilon
γ gamma	ι iota	ο omicron	φ fi
δ delta	χ cappa	π pi	χ chi
ε epsilon	λ lamda	ρ rho	ψ psi
ζ zeta	μ mu	σ sigma	ω omega

La stella più brillante di ciascuna costellazione porta la prima lettera, ed ha soventi un nome proprio, come *Sirio*, *Vega*, *Arturo*, la *Capra* o *Capella*, ecc.

facciamo fare alla figura un mezzo giro, essa ci darà l'aspetto del cielo al 21 di giugno a mezzanotte, al 22 settembre a 6 ore di sera, al 21 dicembre a mezzodì e al 20 marzo a 6 ore della mattina. Se facciam fare alla figura stessa un quarto di giro nel verso opposto a quello delle lancette d'un orologio, avremo le configurazioni del cielo del 20 marzo a mezzanotte, e del 21 giugno a 6 ore di sera, del 22 settembre a mezzodì e del 21 dicembre a 6 ore di mattina. Avverrebbe l'opposto se facessimo girare la figura in modo che il semicircolo destro venisse ad essere il semicircolo inferiore.

Tutti i giorni, d'ora in ora, l'aspetto del cielo cambia. Così, un'ora dopo quella a cui corrisponde la configurazione designata sulla precedente Carta, l'Orsa maggiore è alquanto più alta, più ancora due ore dopo, sei ore più tardi essa culmina in cielo; poi ridiscende, e in una notte della zona glaciale si può vederla, dodici ore dopo, occupare il posto diametralmente opposto a quello in cui trovavasi al principio dell'osservazione. Essa può per tal modo facilmente indicare l'ora durante la notte. Come si vede, essa non scende mai sotto l'orizzonte, fatto che gli antichi avevano già notato, e che cantarono in particolare Omero fra i Greci, e Ovidio fra i Latini.

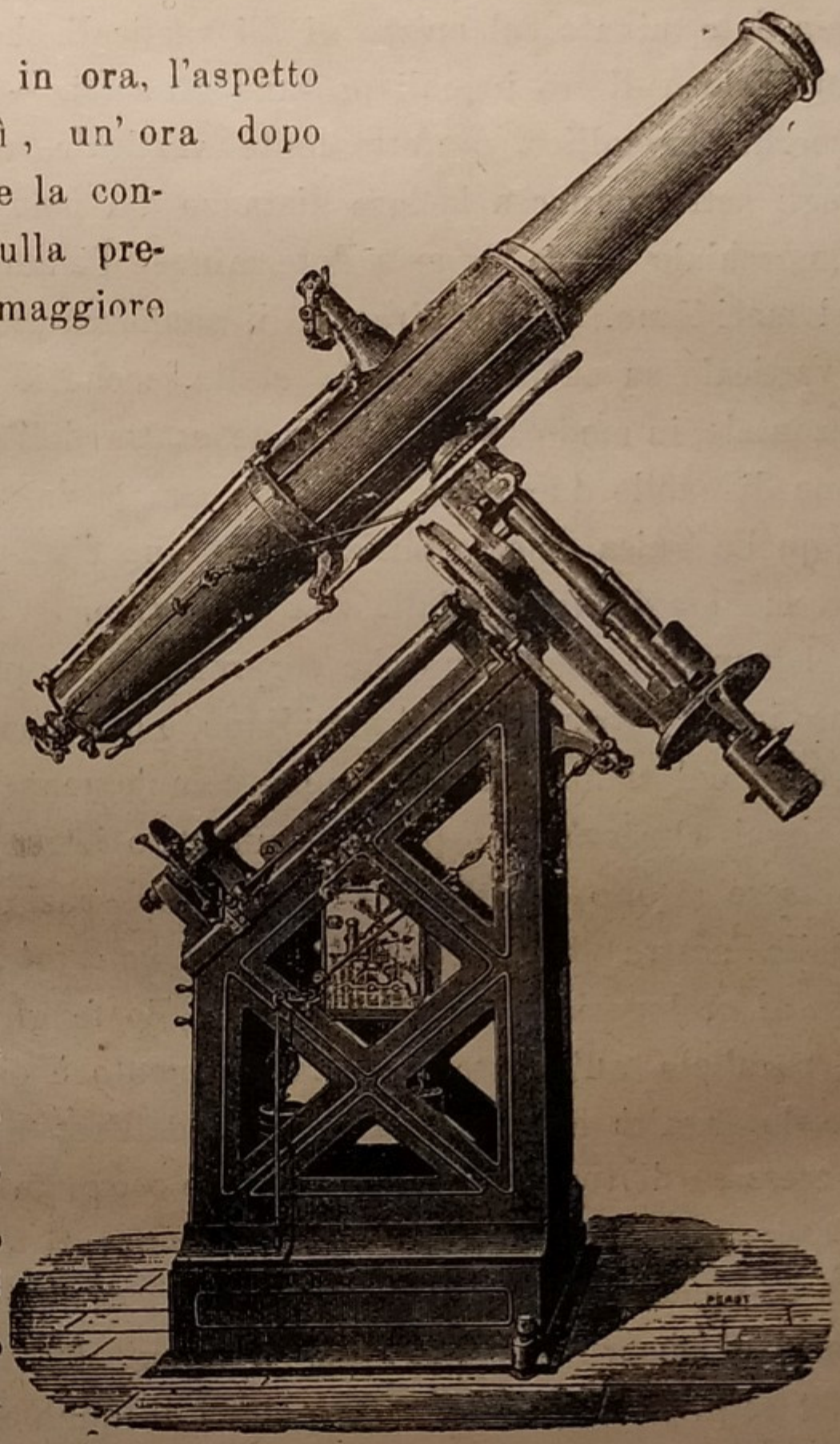


Fig. 23. — Equatoriale dell'Osservatorio di Parigi.

Siccome le stelle girano tutte in $23^h\ 56^m$ intorno al polo in verso opposto al moto diurno del globo, esse passano una volta ogni dì pel meridiano, vale a dire per quella linea ideale tracciata da nord a sud, che divide il cielo in

due parti eguali. Sorgendo tutte da levante, le stelle salgono lentamente in cielo, giungono al punto più alto del loro corso, e discendono verso l'ovest, come del resto fa pure il Sole ogni giorno. Lo strumento fondamentale di qualsivoglia Osservatorio è il *cannocchiale meridiano*, o *circolo meridiano*, istrumento che trae il suo nome dall'essere stabilito nel piano del meridiano da cui non può esser deviato, e in guisa da poter ruotare in questo piano stesso, sì che possa essere diretto, o puntato, verso regioni celesti a qualunque altezza sull'orizzonte: esso è destinato a constatare il passaggio degli astri al meridiano (fig. 22). Il momento preciso in cui si effettua questo passaggio vien determinato col mezzo di fili verticali che attraversano il campo del cannocchiale e dietro i quali passano gli astri. — Al cannocchiale è adattato un cerchio metallico perfettamente verticale, che serve a misurare le altezze degli astri, ossivero le loro distanze dal polo o dall'equatore, intanto che il cannocchiale stesso serve a determinare l'istante preciso del loro passaggio pel meridiano. Si può dire che il cannocchiale meridiano fa conoscere la linea verticale su cui si trova la stella, e che il circolo fa conoscere la linea orizzontale, in modo che la posizione esatta dell'astro, relativamente alla intersezione di quelle due rette, indica la sua posizione effettiva sulla sfera celeste, a quella guisa che la posizione di una città sulla Terra, è determinata dalla sua longitudine e dalla sua latitudine.

Siffatti istrumenti non fanno che sorprendere — per così dire — gli astri al momento in cui attraversano il meridiano, e non possono esser diretti verso gli altri punti del cielo. Pertanto, come complemento naturale di questi apparecchî, ogni Osservatorio possiede un altro istrumento, montato in modo da poter essere rivolto a tutte le regioni dello spazio. Tale è quello rappresentato dalla nostra figura 23. Chiamasi *equatoriale*, per la ragione che il movimento di orologeria che gli è annesso, lo fa girare come la Terra, in un piano parallelo all'equatore: se lo strumento è puntato sopra una stella qualunque, lo seguirà nel suo moto diurno dall'est all'ovest. Egli è come se la Terra cessasse di ruotare per l'astronomo occupato a studiare quella stella. Sonvi all'Osservatorio di Parigi parecchî istrumenti di questo genere. Il più grande ha 38 centimetri di diametro e 9 metri di lunghezza (mi servì a prendere numerose misure di stelle doppie, di cui si tratterà più innanzi); un altro ha 32 centimetri di diametro e 5 metri di lunghezza; due altri misurano 24 centimetri e 3 metri. Noi qui non ci dilungheremo di più sugli strumenti ottici, volendo farne oggetto di una particolare descrizione alla fine di questo volume.

CAPITOLO IV.

I dieci principali movimenti della Terra. — La precessione degli Equinozî.

Volubile al par della bolla iridata che il soffio del fanciullo trae da una goccia di acqua saponata e che va ondeggiando per l' aria ai lieti raggi del sole, il globo terrestre nagiva nello spazio, vero zimbello delle forze cosmiche che lo trascinano in perpetuo vortice attraverso i cieli. Abbiamo già potuto valutare la velocità della sua traslazione annua intorno al Sole e la forma della sua rotazione diurna sopra sè stesso. Questi due movimenti non sono però i soli da cui sia animata la nostra mobile sfera. Abbiamo, più indietro, sommariamente accennato agli altri otto movimenti che si sovrappongono nel suo eterno oscillare. Importa adesso di analizzarli più dettagliatamente e di intenderli appieno.

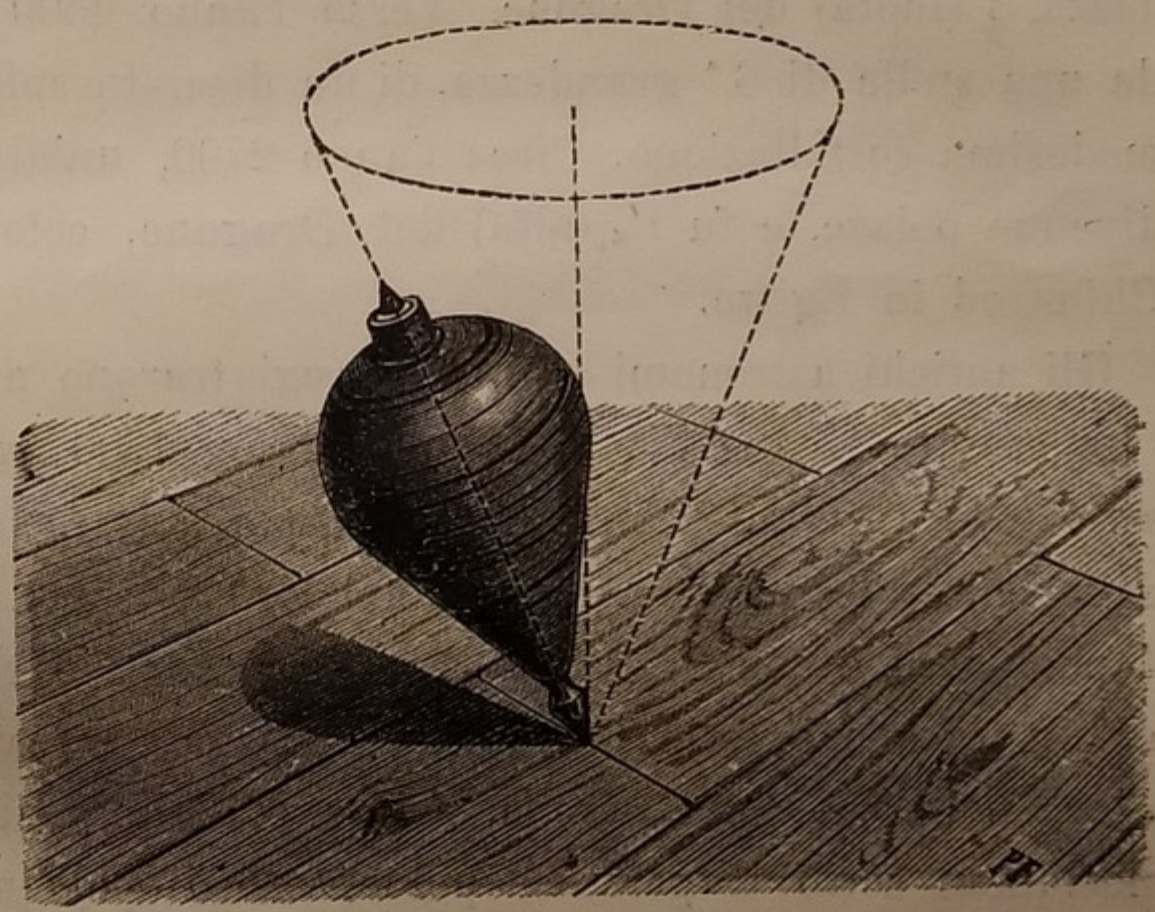


Fig. 24. — Imagine dello spostamento dell'asse della Terra per causa della precessione degli Equinozî.

Premettiamo anzi tutto che l'asse, intorno a cui si effettua la rotazione diurna, e che si tiene, come abbiam visto, in qualsivoglia momento dell'anno, diretto verso uno stesso punto del cielo, verso il polo, non mantiene un parallelismo assoluto. Esso si sposta lentamente, descrivendo un cono di 47 gradi di apertura; moto analogo a quello di una trottola, che mentre gira rapidamente sopra sè stessa, si muove coll'asse inclinato, tracciando nello spazio un cono in forma di imbuto che si può anche rappresentare geometricamente.

Il polo celeste essendo il punto dell'apparente sfera celeste in cui termina il prolungamento ideale dell'asse terrestre, ne segue uno spostamento secolare

di quel punto rispetto alle stelle. Non è dunque sempre la medesima stella quella a cui può attribuirsi il nome di *stella polare*. Attualmente questo nome caratteristico si dà alla stella che segna l'estremità della coda dell'Orsa minore, la quale trovasi essere la più prossima al polo. Essa vi si va avvicinando e continuerà ad avvicinarvisi fino all'anno 2015; ma poi se ne allontanerà per non ritornare alla maggior prossimità che entro 25 000 anni. La durata di questo moto di precessione è di 25 765 anni.

Sarà facile farsi un'idea di questo movimento osservando la piccola Carta celeste che lo rappresenta (fig. 25). Essa contiene un maggior numero di stelle della precedente. (Esaminarla accuratamente). Il suo precipuo scopo è di mostrare la linea percorsa dal polo durante tutta la durata della rivoluzione di cui parliamo: noi vi abbiamo segnato le date delle successive posizioni del polo dell'anno 6000 av. C. fino all'anno 18 000. Si vede quindi che seimila anni prima dell'èra volgare il polo passò vicino a due piccole stelle di 5.ª grandezza (1); la stella brillante più vicina era una di 4.ª grandezza, θ (theta) del Dragone. Verso l'anno 4500 il polo passò poco lontano da una stella di 3.ª grandezza, di un discreto splendore, che è la ι (iota) della medesima costellazione. Circa l'anno 2700, un'altra stella di egual splendore divenne polare, e fu l'α (alfa) del Dragone, celebre per questo riguardo in China ed in Egitto.

Gli antichi astronomi chinesi la registrarono nei loro annali al tempo dell'imperatore Hoang-Ti, che regnava nel 2700 av. C. Gli Egizî, i quali eressero le loro gigantesche piramidi « quaranta secoli or fa, » vi aprirono delle gallerie per le quali si penetra nel loro interno, appunto dal lato che guarda il polo nord e con 27 gradi d'inclinazione; ciò che corrisponde precisamente all'altezza a cui, alla latitudine di Gizeh, trovavasi in quel tempo la stella allora polare, α del Dragone, nella sua culminazione inferiore (passaggio pel meridiano sotto il polo). Il polo passò di poi in prossimità della stella di 6.ª grandezza ι del Dragone, poi fra β (beta) dell'Orsa minore e κ (cappa) del Dragone; ciò accadeva ai tempi della sfera di Chirone, la più antica sfera conosciuta, costrutta verso l'epoca della guerra di Troja, cioè 1300 anni prima

---

(1) Fino dalla più lontana antichità si usava dividere le stelle visibili ad occhio nudo in sei ordini di grandezze. Queste grandezze non rappresentano però che lo *splendore apparente* e non le dimensioni effettive delle stelle, che dipendono a un tempo dalla loro luce e dalle loro distanze. Le stelle più vivide formano un gruppo appartenente alla 1.ª categoria; vengono in seguito la 2.ª, la 3.ª grandezza, ecc.; le più tenui ancora visibili ad occhio nudo costituiscono il 6.° ordine. Si contano nel cielo intiero:

18	Stelle di	1.ª grandezza	550	Stelle di	4.ª grandezza	Numero totale di stelle visibili: 7329.
59	»	2.ª »	2016	»	5.ª »	
182	»	3.ª »	4900	»	6.ª »	

Entreremo più innanzi nello studio delle stelle e delle costellazioni. Il lettore è pregato intanto a ben identificarsi colle posizioni e le grandezze delle stelle dell'emisfero nord, rappresentate nelle due Carte precedenti (fig. 21 e 25).

dell'èra volgare. Da quel tempo il polo andò sempre accostandosi alla coda dell'Orsa minore.

Al principio dell'èra presente, nessuna stella brillante indicava la posizione vera del polo. Verso l'anno 800, s'accostò ad una piccola stella della Giraffa (stella doppia che porta i numeri 4339 e 4342 del catalogo) Ma la stella polare attuale, di 2.ª grandezza, è realmente una delle più splendenti che si trovino sul cammino del polo, ed essa già da più di mille anni gode del suo titolo; essa potrà conservarlo fin verso il 3500, alla quale epoca si vede la traccia del movimento del polo avvicinarsi ad una stella di 3.ª grandezza: è la γ (gamma) di Cefeo. Nel 6000 passerà fra due stelle di 3.ª grandezza β (beta) e ι (iota) della stessa costellazione; nel 7400 s'avvicinerà ad α, d'egual splendore; l'anno 10 000 darà il titolo di polare alla magnifica stella σ, del Cigno, quasi di 1.ª grandezza, e nel 13 000 il polo si avvicinerà alla stella più smagliante del nostro cielo boreale: Vega, della Lira, la quale pel corso di tremila anni almeno, sarà la stella polare delle future generazioni, siccome lo fu pei nostri proavi or fanno dieci o dodicimila anni.

Durante questo lungo periodo di tempo, gli aspetti della sfera celeste si modificano col movimento del polo. Il cielo delle varie regioni si rinnova. Alcune migliaja di anni in addietro, per esempio, la Croce del Sud era visibile in Europa; fra alcune migliaja d'anni, invece, la splendida Sirio sarà scomparsa dal nostro cielo europeo

Le costellazioni del cielo australe vengono a farsi vedere a noi per qualche secolo, poi si tolgono alla nostra vista, intantochè le nostre stelle boreali vanno a far mostra di sè agli abitanti del sud.

Il ciclo di 257 secoli abbraccia tutte le configurazioni possibili.

Immensa è lenta rivoluzione dei cieli! quanti avvenimenti si compiono sul nostro globo durante uno solo di questi periodi! L'ultima volta che il polo occupò il posto in cui si trova oggidì, sono ormai 25 765 anni, nessuna delle attuali nazioni esisteva; nessuno dei popoli che ora si disputano la supremazia sul nostro pianeta, era per anco uscito dal grembo della natura: senza dubbio v'erano già degli uomini sulla terra, ma le comunità che poterono formare non lasciarono traccia alcuna del grado di civiltà a cui avevano potuto arrivare, ed è molto probabile che quegli esseri incolti e selvaggi si trovassero allora in mezzo a quella primitiva èra della pietra, di cui si raccolsero di recente tante testimonianze. Ove saremo noi alla nostra volta, allorchè, dopo un nuovo periodo di egual durata, il polo sarà ritornato alla sua posizione presente? Francesi, Inglesi, Germani, Italiani, Spagnuoli, potranno darsi la mano in una comune oscurità. Nessuna delle nostre nazioni contemporanee avrà resistito all'opera edace del Tempo. Altri popoli, altri linguaggi, altre religioni avranno da lungo tempo sostituito lo stato attuale di

cose. Un giorno il viaggiatore, errando sulle rive della Senna, si fermerà sopra un mucchio di ruderi, cercando il luogo d'onde Parigi avrà per tanti secoli diffusa la sua luce (fig. 26); forse per rintracciare quei luoghi altre volte celebri, egli incontrerà le stesse difficoltà che trova oggidì l'archeologo nell'identificare i siti ove sorgevano Tebe e Babilonia. Il nostro secolo decimonono

Fig. 25. — Spostamento del polo dall'anno 6000 av. C., fino all'anno 18 000. Ciclo di 25 765 anni.

sarà per quei tempi futuri, molto più profondamente addentro *nell'antichità*, di quello il siano per noi i secoli dei Faraoni e delle antiche dinastie egizie! Una nuova razza umana, intellettualmente superiore alla nostra, avrà conquistato il suo posto al sole, e saremmo per avventura molto stupiti, io e voi, o studioso lettore! o lettrice pensosa! di incontrarci allora fianco a fianco — scheletri imbianchiti e accuratamente classificati — in una vetrina

Fig. 26. — Il viaggiatore errando sulle rive della Senne, si fermerà sopra un mucchio di ruderi, cercando il luogo d'onde Parigi avrà per tanti secoli diffusa la sua luce.

da museo, dove ci avrà adagiati per benino un naturalista del duecentosettantaseiesimo secolo, quali curiosi esemplari di una razza antica ancor molto feroce, ma però già dotata di una certa disposizione per lo studio delle scienze... Vanità delle vanità! O turbolenti ambiziosi della giornata, che passate la vostra vita nell'adornarvi di orpelli, di titoli ridicoli e di policrome decorazioni, dite voi stessi, che mai debba pensare il filosofo delle vostre effimere gloriuzze, allorchè confronta le vostre puerilità coll' opera maestosa della natura che tutti ci travolge in uno stesso destino!

Pertanto il cielo stellato ha un lentissimo movimento che lo fa ruotare, tutto di un pezzo, intorno ad un asse il cui estremo segna il polo dell'eclittica. Questo è il nome che si dà alla via ideale che il Sole sembra percorrere in cielo, nel suo moto annuo intorno alla Terra. Abbiamo però veduto che realmente è il nostro globo che gira intorno a quell' astro luminoso. Per un giuoco di prospettiva che facilmente si spiega, il Sole pare muoversi in verso opposto e fare in un anno il giro del cielo. La traccia di questo moto apparente del Sole è quel che chiamiamo *eclittica*, denominazione che ha la sua origine nel fatto, che le eclissi non si verificano se non quando la Luna si trova, come il Sole, nel piano di questo massimo circolo della sfera celeste. Il polo dell'eclittica è il punto centrale di siffatto circolo, sulla sfera; ossia il punto sul quale si dovrebbe collocare la punta di un compasso aperto ad angolo retto, per tracciare, a 90° di distanza, il cerchio dell'eclittica (1).

Da questo movimento generale risulta che le stelle non rimangono due anni di seguito negli stessi punti del cielo, ma che camminano tutte insieme per compiere durante questo lungo periodo una rivoluzione intera. Noi siamo obbligati ad ogni momento di rinnovare le nostre carte celesti, per farne, in certo qual modo, scorrere il canovaccio sotto le stelle. Le carte fatte nel 1860 per esempio, non convengono più pel 1880, e quelle che disegnamo adesso non saranno più d'accordo col cielo dell'anno 1900. Sonvi delle formole matematiche esattissime per calcolare gli effetti di questo movimento, e per determinare le posizioni precise delle stelle ad una data qualsivoglia del passato o dell'avvenire.

Codesto movimento non è guari proprio del cielo, come non lo sono nè il moto diurno, nè il moto annuo. Questo movimento appartiene alla Terra; è questa che compie durante quel lungo periodo una rotazione obliqua sopra sè stessa, in verso opposto a quello della sua rotazione diurna. Questo moto è cagionato dall'attrazione combinata del Sole e della Luna sul rigonfiamento equatoriale del globo terrestre. Se questo fosse perfettamente sferico, un tal

---

(1) Più precisamente: il luogo geometrico delle culminazioni solari nei 365 giorni dell' anno: o in altre parole, la linea ideale che passa per tutti i punti del cielo occupati dal Sole nei successivi suoi passaggi pel meridiano. IL TRAD.

moto retrogrado non esisterebbe. Ma invece è compresso ai poli e allargato al suo equatore. Le molecole di quella specie di ripieno equatoriale, ritardano alquanto il moto di rotazione: l'azione del Sole e della Luna le fa retrogradare (indietreggiare), ed esse trascinano in questo movimento il globo a cui sono aderenti.

Ecco dunque un *terzo* moto della Terra: il moto secolare della *precessione degli equinozî*, così denominato perchè cagiona ogni anno un progresso, o direi un'anticipazione dell'equinozio di primavera sul tempo di una rivoluzione intera della Terra intorno al Sole. Le posizioni delle stelle sulla sfera celeste si contano partendo da una linea condotta dal polo al punto dell'equatore in cui questo è attraversato dall'eclittica nell'istante dell'equinozio di primavera. Questo punto procede ogni anno da oriente verso occidente; l'equinozio ha quindi luogo successivamente in tutti i punti dell'equatore; la velocità media di siffatto moto è di 50 secondi d'arco all'anno. (Spiegheremo più innanzi che cosa intendasi per *grado, minuto* e *secondo* di arco.)

Le stelle situate nella regione del cielo che il Sole sembra percorrrere in virtù del suo moto annuo proprio, vennero, in epoca incognita, ma che si sa essere remotissima, ripartite in dodici gruppi, che si chiamano *costellazioni zodiacali*. Il primo, nel quale trovavasi il Sole or son duemila anni all'istanto dell'equinozio, ebbe il nome di *Ariete;* il secondo, andando da occidente verso oriente, si chiamò *Toro;* il terzo gruppo è quello dei *Gemelli;* i tre seguenti sono: il *Cancro,* il *Leone*, la *Vergine*, gli altri sei sono: la *Libra*, lo *Scorpione*, il *Sagittario,* il *Capricorno,* l'*Aquario* e i *Pesci.*

Il moto di precessione è detto retrogrado perchè si effettua da oriente ad occidente, ossia in verso opposto al moto annuo del Sole, a quello mensile della Luna, e ai moti proprî di tutti i pianeti.

L'equinozio di primavera cade attualmente nella costellazione dei Pesci verso il fine, e non anderà guari che sarà passato in quello dell'Aquario. Abbiamo tratteggiato nella fig. 27 le figure simboliche delle dodici costellazioni zodiacali. La linea dell'eclittica è la linea mediana dello zodiaco. L'equatore è inclinato su quella linea, come già l'abbiam fatto osservare parlando della rotazione terrestre. Le due zone comprendenti ciascuna sei costellazioni, che nella figura sono collocate l'una sopra l'altra, debbono supporsi collocate di seguito a formare una sola fascia cilindrica colle ultime figure dell'una sovrapposte a quelle dell'altra. Questa è la zona zodiacale dell'immensa sfera celeste. Sopra ogni zona trovansi, nella figura, scritti i mesi nei quali il Sole passa successivamente per ciascuna costellazione.

Noi possiamo farci un'idea del traslocarsi del punto equinoziale lungo le costellazioni dello zodiaco a quel modo stesso che ci figurammo il moto secolare del polo fra le stelle settentrionali. Al principio della nostra èra,

l'equinozio arrivava ai primi gradi dell'Ariete; 2150 anni prima coincideva colle prime stelle del Toro, che fin dall'anno 4300 a. C., era l'asterismo (segno) equinoziale. E fu probabilmente durante quest'epoca che i primi contemplatori del cielo idearono le costellazioni zodiacali, giacchè in tutti gli antichi miti religiosi, il Toro è associato all'azione fecondatrice del Sole sulle stagioni e sui prodotti della Terra, laddove non si trova indizio veruno di una consimile associazione riguardo ai Gemelli. Era già una leggenda, diciotto

Fig. 27. — Principali stelle e costellazioni dello Zodiaco.

secoli or sono, quando Virgilio salutava il celeste Tauro, che apre colle sue corna d'oro il ciclo annuale,

> Candidus auratis aperit quum cornus annum
> Taurus, et averso cedens Canis occidit astro.

Le stelle del Toro, le Plejadi in particolar modo, erano per gli Egizî, pei Chinesi, ed ancora pei primi Greci, le stelle dell'equinozio. Gli annali astronomici ci hanno conservato un'osservazione chinese della stella η (eta) delle Plejadi, siccome quella che segnava l'equinozio di primavera l'anno 2357 avanti l'èra volgare.

Questo progredir secolare dell'equinozio non è perfettamente uniforme, e per conseguenza neppur l'anno tropico è assolutamente invariabile. E invero esso è presentemente di 11 secondi più breve che al tempo di Ipparco, e di 30 secondi che all'epoca che vide Tebe, in Egitto, capitale del mondo. Al principiar di questo secolo era di 365 giorni. 5 ore, 48 minuti e 51 secondi ($365^g\ 5^h\ 48^m\ 51^s$). La sua durata va decrescendo. Il suo massimo si verificò l'anno 3040 a. C.; il suo minimo avrà luogo l'anno 7600 con una differenza in meno di 76 secondi a confronto di quella del 3040 a. C. Un centenario nostro contemporaneo avrebbe vissuto in realtà venti minuti meno di un centenario del secolo d'Augusto, ed un'ora meno di un centenario dell'anno 2500 av. l'èra volgare.

Gli antichi si eran fitto in capo che anche le condizioni politiche del globo fossero periodiche, e che quello che essi chiamavano il grande anno, dovesse ricondurre sulla Terra gli stessi popoli, gli stessi fatti, la stessa storia, a quella guisa che nel cielo il mutar dei secoli riconduce i medesimi aspetti negli astri. In generale si assume la cifra di 30 000 anni de' nostri come durata di questo grande anno. Senza dubbio il periodo degli equinozî, a cui attribuivasi la predetta durata, diede motivo a questo pregiudizio posteriore. Siccome credevasi che i destini umani fossero sottoposti ad influenze planetarie, era plausibile il credere anche dovessero le medesime configurazioni di quegli astri riprodurre gli stessi avvenimenti.

Ma per ricondurre i pianeti alle stesse posizioni relative, non basterebbero, e d'assai, trentamila anni. Per ricondurre la Luna, Saturno, Giove, Marte, Venere e Mercurio allo stesso grado dello zodiaco, occorrerebbe una rivoluzione o periodo di *duecentocinquantamila secoli:* che sarebbe mai se introducessimo in questo calcolo i pianeti Urano e Nettuno, nonchè i planetoidi, invisibili ad occhio nudo, che occupano la zona interposta fra Marte e Giove! Gli astrologi credevano che alla creazione del mondo tutti i pianeti si fossero trovati sopra una stessa linea retta. V'ebbero persino dei pedanti scienziati, che in tutta buona fede si accinsero a calcolare il giorno e l'ora della creazione del primo uomo. Secondo un'opera che ho sott'occhio, questo avvenimento, di tanta importanza per tutti noi, sarebbe accaduto il 21 settembre dell'anno... zero, a 9 ore antimeridiane!

Queste durate di periodi celesti oltrepassano l'ordinario concetto che l'uomo si forma del tempo quando ammira l'età di un centenario. Siffatti avvenimenti siderei, che non si riproducono se non dopo migliaja di secoli e che ci sembrano casi rarissimi, sono per lo contrario, per l'eternità, fenomeni frequentissimi. Così fatti periodi di milioni di secoli non sono che i... minuti secondi... dell'eterno orologio.

Il mio vecchio maestro ed amico Babinet raccontava, a proposito di questo

grande anno di trentamila anni, che deve rimetter tutto nello stesso stato dopo un tal periodo, un aneddoto abbastanza gustoso.

Alcuni studenti di una università di Germania sono a tavola ad un pranzo di addio con cui festeggiano la chiusura dei loro corsi di studî. Si parla del grande anno, della gioja che provano nella sicurezza di trovarsi tutti a quell'istesso posto in capo a trentamila anni. L'oste, che occupa il posto di mezzo del banchetto invigilando il servizio, si picca di filosofia e prende parte alla conversazione. Esprime la sua profonda convinzione intorno alla verità delle cose dette, e al momento di alzarsi da tavola, il mercenario anfitrione esterna con ogni maniera di proteste la felicità che pregusta di rivederli alla scadenza del grande anno. « A rivederci dunque, o signori! » Quegli che era incaricato di pagare lo scotto si rivolge allora all'oste, e lo prega di fargli credenza fino alla prossima riunione. Questi, fedele alle sue convinzioni, accetta, non senza una qual ripugnanza. Il pagatore stava già riponendosi la borsa in tasca, quando l'oste, ravvedendosi, disse ai convitati: « Poichè noi ci ritroveremo come oggi fra trentamila anni, noi ci trovammo già qui allo stesso modo trentamila anni fa? — Senza dubbio, esclamarono in coro. — Dunque, signori, voi del pari mi avete allora chiesto credenza come oggi! Ebbene, pagatemi il pranzo di trentamila anni fa, ed io per quello d'oggi aspetterò. »

CAPITOLO V.

Seguito e fine dei principali moti della Terra.

Passiamo adesso ad un *quarto* movimento della Terra.

Abbiamo veduto che l'asse del nostro pianeta fa un angolo di 23 gradi 27 minuti colla perpendicolare al piano in cui esso si muove intorno al Sole, e che si chiama piano dell'eclittica. Noi giriamo obliquamente; ma anche questa obliquità varia di secolo in secolo. Mille e cento anni prima della nostra èra fu misurata dagli astronomi chinesi, e fu trovata di 23 gradi e 54 minuti (spiegheremo in breve il valore di queste misure). Nell' anno 350 pure av. C., venne calcolata a Marsiglia da Pitea che la trovò di 23 gradi e 49 minuti.

Tutte le misure moderne confermano siffatta diminuizione, che fu, come si vede, di 27 minuti in 2980 anni. Essa decresce attualmente in ragione di 1 minuto ogni 125 anni. Se una tal diminuzione fosse costante, essa sarebbe di 60 minuti, ossia di un grado, in 7500 anni, e in capo a 171 000 anni noi avremmo la compiacenza di avere il globo coll' asse perpendicolare, di aver veduto le stagioni dileguarsi e sparire, e di godere di una *perpetua primavera*. Fu questo il sogno di alcuni ottimisti dilettanti di utopie.

Le antiche tradizioni ci hanno persino conservato il ricordo ideale di una *età dell'oro*, di cui avrebbe goduto l'umanità nella sua felice infanzia. Allora, dicevasi, la Terra feconda largheggiava senza coltura i suoi tesori; allora tutti gli animali erano gli umili e docili servitori dell'uomo; allora gli alberi erano carichi di frutti saporiti, l'aria imbalsamata dai profumi dei fiori, il sole sempre raggiante in un cielo senza nubi, nè mai tempeste, nè brine turbavano la deliziosa armonia della creazione. Si legge nel poema di Milton *Il Paradiso perduto*, al canto X, la storia delle conseguenze della colpa d'Adamo... o di Eva...; fra le altre, l'arrivo di angioli robusti mandati dall'Et terno padre, che « spingono l' asse del globo per inclinarlo » in guisa da darci, a noi sciagurati discendenti di quella coppia felice, le stagioni più disaggradevoli e le più orride possibili!...

La meccanica celeste mostra che codesti sono sogni. Non v'è di vero in tutto ciò se non una leggiera oscillazione dell' equatore sull' eclittica, la cui

ampiezza non oltrepasserà 1 grado e 21 minuti. La diminuzione continuerà ancora qualche tempo, poi si arresterà, per dar luogo ad un moto inverso. Questo *quarto* movimento della Terra si chiama *variazione dell' obliquità* dell'eclittica.

La diminuzione è precisamente minore della metà di un secondo all'anno.

Ecco qui sotto lo stato preciso dell' obliquità dell'eclittica per un periodo di 10 anni, alla data del 1.° gennajo di ciascun anno:

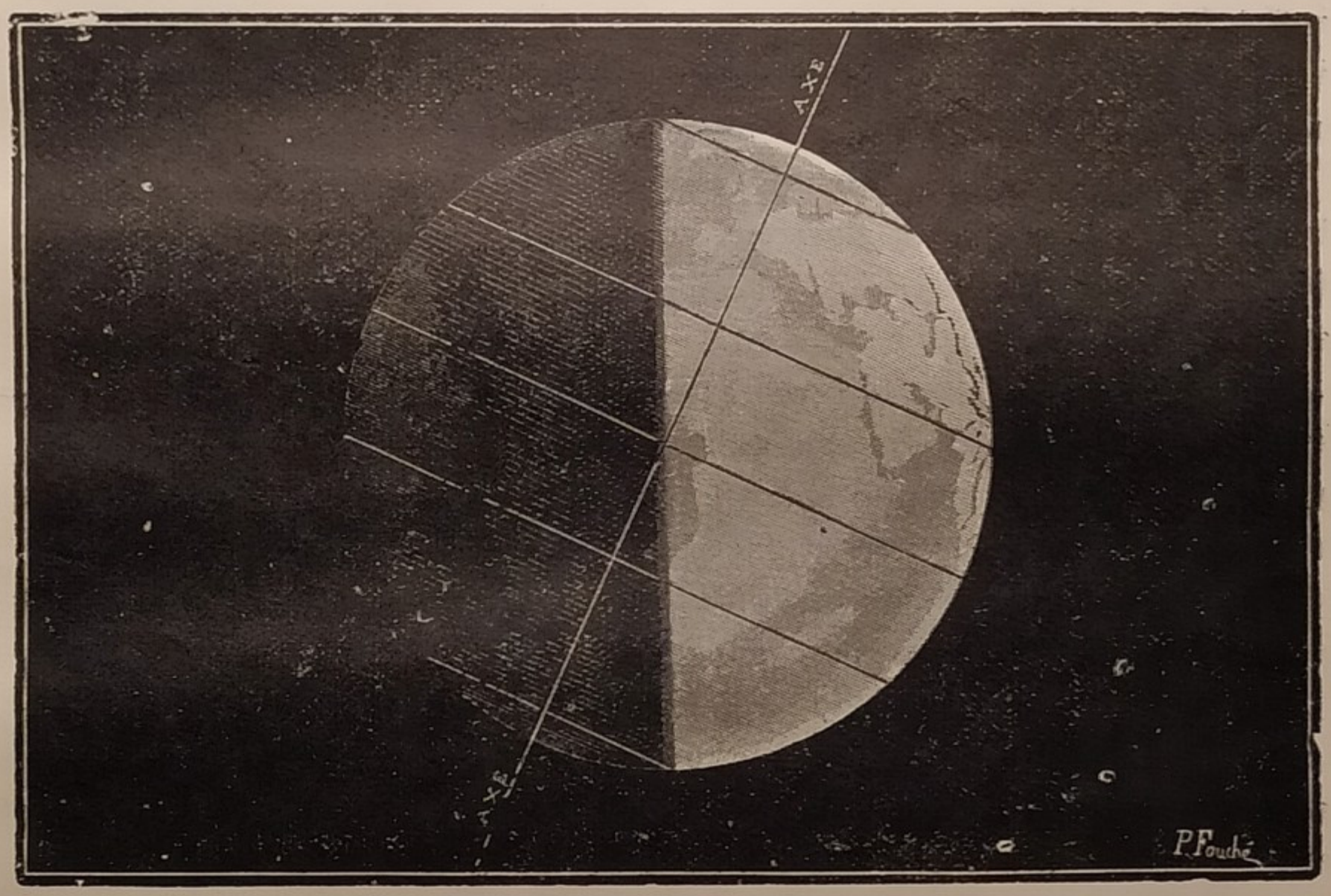


Fig. 28. — Inclinazione dell'asse del globo.

1875 23° 27′ 20″	1881 23° 27′ 17″
1876 23° 27′ 19″	1882 23° 27′ 17″
1877 23° 27′ 19″	1883 23° 27′ 16″
1878 23° 27′ 18″	1884 23° 27′ 16″
1879 23° 27′ 18″	1885 23° 27′ 15″
1880 23° 27′ 18″	

Nel 1800, questo elemento era di 23° 27′ 55″

Nel 1900, sarà di . . . . . 23° 27′ 9″

Intanto che l'asse ideale, intorno a cui si effettua la rotazione diurna, gira lentamente nello spazio in modo da percorrere in 25 765 anni il ciclo della precessione degli equinozî, l' influenza della Luna imprime a quell' asse un piccolo moto giratorio, in virtù del quale il polo traccia sulla sfera celeste una piccola ellisse di 18 secondi di lunghezza sopra 14 di larghezza, coll'asse maggiore diretto verso il polo dell'eclittica, ellisse che il polo percorre in di-

ciotto anni e mezzo. Egli è invero un movimento, per così dire, microscopico, ma non è meno reale perciò, nè lascia per questo dal modificare di continuo le posizioni apparenti di tutte le stelle. Il risultato di questi due movimenti, uno sopra un cerchio tracciato a 23 gradi e mezzo dal polo dell'eclittica (come abbiam visto alla fig. 25), l'altro sopra una piccola ellisse, che striscia in certo modo lungo il cerchio precedente, è una linea circolare leggermente ondulata, invece del cerchio regolare che abbiamo tracciato nella nostra figura 25. Questa *quinta* alterazione del moto del nostro pianeta ricevette il nome di *nutazione;* è dovuta, al paro della precessione, al rigonfiamento equatoriale del globo, sul quale agisce l'attrazione lunare.

Vedesi pertanto che sul moto generale del polo ne è innestato un altro di lacciuolo (1), le cui fluttuazioni non entrano in numero esatto in una circonferenza, e sono quindi cagione che il polo non torni mai rigorosamente al suo punto di partenza.

Esiste ancora un'altra differenza: gli è che il raggio della circonferenza direttrice varia esso medesimo continuamente, di guisa che la curva non è perfettamente rientrante, ma forma una spira, che, ai tempi nostri, va restringendosi; la quale, per altro, si allargherà di nuovo più tardi. Codesta spirale, che a volta a volta si apre e si chiude, richiama l'idea della molla elastica di un orologio. Ecco una nuova irregolarità nel moto della Terra; essa è dovuta alla variazione dell'obliquità dell'eclittica, di cui or ora abbiamo parlato.

Che prodigiosa leggerezza! Questo globo terrestre, che ci sembra tanto pesante, si libra nel vuoto obbedendo alla più debole influenza esterna, e il suo corso, che parrebbe a prima vista grave ed austero, è al contrario composto di oscillazioni svariate, che si possono paragonare, come dicevamo poc'anzi, alle fluttuazioni della bolla di sapone che galleggia nell'aria. Si ricorda il lettore di quella irriverente tirata sulla leggerezza delle donne, tema prediletto ai tempi della Reggenza? « Che v'ha di più leggiero di una piuma? — La polvere. — Più leggiero della polvere? — Il vento. — Più del vento? — La donna. — E più ancor della donna? — *Nulla!* » Noi potremmo quasi rispondere: *la Terra;* perchè in verità ella è, in apparenza, ancor più capricciosa della più eterea figlia d'Eva. Se noi non conoscessimo le influenze che la fanno agire, la prenderemmo per una personalità che lungi dal voler ubbidire alla sola attrazione del suo legittimo padrone, il Sole, fa tutto quel che può per ribellarglisi e per mutar strada — senza tuttavia scostarsene abbastanza da perdere le prerogative inerenti alla sua posizione.

---

(1) Il testo dice *mouvement de lacet*, che sarebbe quello della *stringa* che avvicina le due falde di un busto da donna, passando alternativamente per i successivi occhielli dell'una e dell'altra falda, così disposti, che quelli di una parte segnano il mezzo della distanza fra due consecutivi dell'altra. IL TRAD.

Ma queste irregolarità sono ancora un nonnulla.

Abbiamo veduto (fig. 18) che l'orbita percorsa dalla Terra intorno al Sole non è circolare ma ellittica. Ebbene! Siffatta forma non è neppur essa costante; l'ellisse è ora più ora meno allungata. Attualmente l'eccentricità è di 168 diecimillesimi (circa $\frac{1}{60}$); centomila anni addietro era quasi quattro volte più grande, era cioè di 473 diecimillesimi; fra 24 000 anni sarà invece giunta al suo minimo (33 diecimillesimi, circa $\frac{1}{303}$), e l'orbita terrestre sarà quasi una circonferenza perfetta; poi di nuovo aumenterà. Questa *variazione dell' eccentricità* può considerarsi come un *sesto* movimento che modifica l'andare della Terra nel suo destino secolare. Fra 24 000 anni non vi sarà più, si può dire, nè perielio, nè afelio, giacchè il pianeta sarà, tanto nell'uno quanto nel l'altro punto, pressochè alla stessa distanza dal Sole.

Un *settimo* movimento, originato dalle influenze generali dei pianeti, fa scorrere il perielio (luogo dell'orbita più prossimo al Sole) lungo l'orbita medesima, di maniera che l'asse maggiore dell' ellisse non mantiensi due anni di seguito parallelo a sè stesso.

Son quasi 4000 anni, la Terra arrivava al perielio al 21 settembre, il giorno dell'equinozio d'autunno. Nell'anno 1250 dell'èra nostra, essa vi passava il dì del solstizio d'inverno, il 21 dicembre; allora i nostri inverni, cadendo quando eravamo nel ramo dell'ellisse più vicino al Sole, erano i meno rigidi, e le nostre estati, avendo luogo nell'arco di ellisse più lontano, erano le meno calde che possano essere. Siccome la differenza fra le distanze del perielio e dell'afelio è almeno di 4 milioni di chilometri e quella del calore ricevuto di un quindicesimo, questa variazione deve avere una reale influenza sulla intensità delle stagioni. Il perielio cade oggi al 1.° gennajo. I nostri inverni tendono a diventare più freddi e le estati più calde. Nell'anno 11 900 avremo le estati le più calde e gli inverni i più rigidi che possano essere. Si sa che ogni anno vi sono cause locali di perturbazioni. Finalmente nel 17 000 il perielio sarà tornato al punto in cui trovavasi quattromila anni prima di Cristo, vale a dire all'equinozio d'autunno. Un tal ciclo è di 21 000 anni. — Parecchî geologi imaginarono che a questo periodo corrispondesse un rinnovamento dei continenti e un rimpasto del globo; ma questa non è che un'ipotesi.

A tutte queste complicazioni bisogna ora aggiungere quella prodotta dall'attrazione dei varî pianeti, secondo le loro posizioni relativamente alla Terra. Tutti i corpi si attraggono, in ragione diretta del loro peso (massa) e in ragione inversa del quadrato della loro reciproca distanza (1). Allorchè la Luna,

---

(1) Per chi bramasse più particolareggiata spiegazione di questa legge, diremo: un corpo di massa peso) 100 per esempio, attrae un altro corpo di massa 25 con una forza quadrupla di quella con cui il secondo corpo attrae il primo. Se l'attrazione del primo corpo sul secondo da cui è lontano, per esempio, 1 chilometro, si rappresenta con 1. ad una distanza di 2 chilometri, quell'attrazione sarà soltanto 1/4; e se la distanza diventa 3 chilometri, l'attrazione diventa 1/9 e così via, cioè decresce col quadrato delle distanze. IL TRAD.

per esempio, si trova, nel suo corso, sulla via percorsa dalla Terra e innanzi a questa, essa la tira, in certo modo, e ne accelera alcun poco il moto; quando le si trova di dietro, la rattiene e la ritarda. I pianeti Venere e Giove influiscono pure in modo sensibile sul nostro movimento intorno al Sole, il primo perchè è vicino assai, il secondo perchè grandissimo. Questa *ottava* irregolarità recata ai moti della Terra è conosciuta e studiata sotto il nome di *perturbazioni*.

Fig. 29.
Regione del cielo verso la quale camminiamo, per effetto del decimo movimento della Terra.

Allorchè tutti i pianeti trovansi insieme da una stessa parte col Sole, essi attirano a sè questo astro, e lo traggono fuori del fuoco geometrico, sì che il suo centro di gravità non coincide più col centro di figura del globo solare. Ora, siccome la Terra gravita annualmente intorno a questo centro, e non intorno al centro di figura, ne nasce una nuova complicazione (la *nona*) recata alla traslazione ellittica del nostro pianeta intorno al Sole.

Ecco senza dubbio una serie di argomenti tanto quanto tecnici, e, lo temo, altrettanto privi di attrattiva, quanto il discorso di un membro dell' Ac-

cademia, come avrebbe detto Alfredo de Musset. Non sono senza timore di trovarmi, fin da queste prime pagine del mio libro, nelle condizioni dell'austero accademico Berthoud, le cui scientifiche dissertazioni sull'orologeria erano dottissime, ma, diciamolo francamente, anche nojosissime. Dio voglia che i miei lettori non imitino gli uditori di Berthoud all'Istituto! Un giorno, durante una seduta in cui l'erudito cinematico esponeva la sua teoria sullo scappamento, uno scienziato atrabiliare scrisse sopra un foglietto la seguente quartina:

Berthoud, quand de l'échappement
Tu nous traces la théorie,
Heureux qui peut adroitement
S'échapper de l'Académie! (1)

poi passò il biglietto al suo vicino e uscì. Questi, non meno annojato del compagno suo, lesse il foglietto e approfittò del consiglio, di guisa che, da vicino a vicino, da fila in fila si propagò la diserzione fino a diventar generale. Non rimasero col lettore che il presidente e i segretarî che le loro magnitudini attaccavano ai rispettivi seggi!

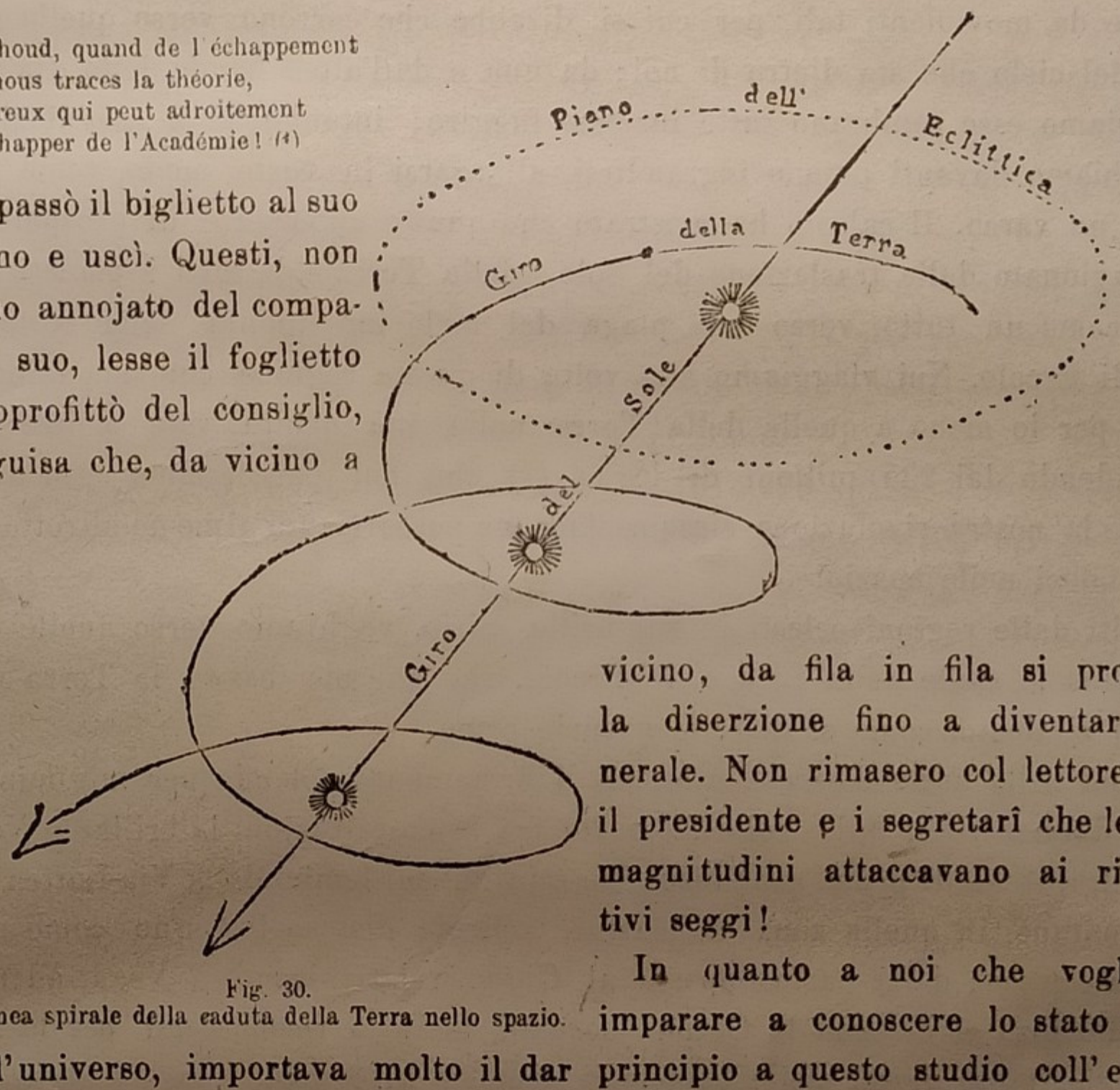


Fig. 30.
Linea spirale della caduta della Terra nello spazio.

In quanto a noi che vogliamo imparare a conoscere lo stato reale dell'universo, importava molto il dar principio a questo studio coll'esame della posizione della Terra e dei suoi movimenti nello spazio. I vocaboli il cui significato non sarà stato esattamente inteso, saranno chiariti nei capitoli seguenti, affinchè nessuna incertezza rimanga nella mente del lettore.

Ma noi non siamo ancor giunti al termine della rivista dei moti del nostro mondo, e ci rimane a spiegarne .qui un *decimo*, più importante e più considerevole di tutti i precedenti insieme riuniti, perchè rappresenta, in certo modo, il vero moto astrale del Sole, della Terra e di tutti i pianeti nell'infinito.

---

(1) O Berthoud, quando ci spieghi la teoria degli *scappamenti*, felice chi può destramente *scappare* dall'Accademia!

Il sole non è immobile nello spazio. Esso viaggia e si trae dietro la Terra con tutto il sistema planetario. Questo suo movimento ci fu rivelato da quello delle stelle. Allorchè noi corriamo sulla ferrovia, tratti con rapida velocità dal nuovo pegaso della moderna civiltà, attraverso regioni variamente frastagliate qui da campi coltivati e praterie, là da boschi, qua e là tagliate da colline dovunque seminate di villaggi, noi vediamo tutti gli oggetti fuggire in direzione opposta al verso del nostro moto. Ebbene, osservando attentamente le stelle, noi rileviamo negli oggetti celesti un fatto analogo. Le stelle pajono animate da movimenti tali, per cui si direbbe che corrono verso quella regione del cielo che sta dietro di noi; da una e dall'altra banda della via che percorriamo esse sembrano tutte insieme fuggire; intantochè le costellazioni che abbiamo davanti pajono ingrandirsi, allargarsi in certo modo, come per aprirci un varco. Il calcolo ha mostrato che queste apparenze di prospettiva sono cagionate dalla traslazione del Sole, della Terra e di tutti i pianeti formanti come un tutto, verso una plaga del cielo individuata nella costellazione di Ercole. Noi viaggiamo alla volta di questa regione con una velocità eguale per lo meno a quella della Terra nella sua orbita, vale a dire che prescindendo dai 235 milioni di leghe (1) che noi percorriamo ogni anno durante la nostra rivoluzione circumsolare, ne percorriamo almeno altrettanti, inoltrandoci nello spazio.

Partiti dalle regioni celesti in cui brilla Sirio, voghiamo verso quelle ove scintillano le stelle della Lira e di Ercole. Da quando esiste, la Terra non ha mai ricalcato, come si dice, le proprie orme.

In una bella notte d'estate, allorchè il firmamento splende per migliaja di celesti diamanti dai mille colori, cercate fra le costellazioni la brillante Vega della Lira, stella di prima grandezza che scintilla sul lembo della Via Lattea (2). Poco lontano, in quella zona biancastra, vedrete disteso il Cigno come una immensa croce; dalla parte opposta al Cigno, relativamente a Vega, ad una certa distanza si disegna la Corona boreale, facile a riconoscersi per la sua forma risultante di sei stelle principali disposte in corona.

Ebbene! fra Vega e la Corona (vedi fig. 29) voi noterete un certo numero di stelle di 3.ª e 4.ª grandezza. Appartengono esse alla costellazione d'Ercole: è quello il luogo del cielo verso cui siamo trascinati dal destino uni-

---

(1) La lega francese è di 4 chilometri. — La vecchia tesa francese, misura lineare che fu in uso fino alla riforma del sistema metrico di pesi e misure, vale metri 1,942 e si divide in 6 piedi: questo dividesi in 12 pollici. Il pollice vale metri 0,027.

(2) Nel dubbio che a qualcuno fra i nostri lettori riesca nuova questa parola, dirò brevemente che cosa sia la *Via Lattea*. È quella faccia o zona a contorni irregolari, rischiarata quasi da un interno fulgore, che segue un circolo massimo della sfera celeste, passando, in certe ore e in certi dì dell'anno, quasi sul nostro capo. Ricevette quel nome dai Gentili, i quali raccontavano qualmente Giunone, allattando Ercole, lasciasse cadere una goccia del suo latte, la quale spandendosi pel cielo vi lasciò quella traccia bianca e luminosa.

IL TRAD.

versale dei mondi. Se questo viaggio si compie in linea retta, fra alcuni milioni di secoli noi approderemo alle spiagge illuminate da quei soli lontani.

Curiosità m'invogliò a rappresentarmi questa caduta nell'Infinito. Siccome nell'universo non v' ha nè alto nè basso, noi possiamo, per meglio afferrar l'idea di siffatta traslazione in mezzo alle stelle, e per orientarla relativamente al piano generale del sistema planetario, prendere l'eclittica per termine di confronto.

Siccome tutti i pianeti e i satelliti girano intorno al Sole nello zodiaco con una leggiera inclinazione sull' eclittica, noi possiamo chiederci se il sistema solare, raffigurato da un enorme disco lanciato nello spazio, viaggi nel senso della sua estensione, nel suo proprio orizzonte, diremmo, oppure se cada di piatto o se corra obliquamente. Si può di certo rispondere che, dacchè si cade, poco importa sapere se di piatto o di fianco. Tuttavolta, il quesito non cessa d'essere interessante. Se dunque noi prendiamo per orizzontale il piano dell'eclittica, e per verticale la perpendicolare calatavi dal suo polo, ci sarà possibile tracciare la figura della linea di caduta nello spazio — caduta effettiva, poichè è il peso (gravitazione) che la produce.

Ora, la direzione del moto del sistema solare nello spazio è rappresentata dalla grande freccia dritta (fig. 30), formante un angolo di 38.° coll'asse polare dell'eclittica; noi non cadiamo di piatto, nè nel senso del disco planetario, sibbene obliquamente attraverso il vuoto profondo, come l'avoltojo che descrive nell'aria le sue grandi spirali, e noi corriamo a tutta velocità verso l'inaccessibile abisso.

Tale è l'uranografia della Terra: Rotazione diurna sul suo asse — rivoluzione annua intorno al Sole — precessione degli equinozî — nutazione — oscillazione dell'eclittica — variazione dell' eccentricità — moto del perielio — perturbazioni planetarie — spostamento del centro di gravità del Sole — traslazione dell'intero sistema solare — azioni siderali sconosciute, fanno danzare — se così posso esprimermi — il nostro globolo omeopatico, che si aggira nello spazio con vertiginosa rapidità, perduto in mezzo alle miriadi di mondi, di soli e di sistemi, di cui è popolata l'immensità dei cieli. Lo studio della Terra ci ha fatto conoscere il Cielo, e nell' atomo microscopico che noi abitiamo ci furono rivelate le vibrazioni dell' Infinito! Queste nozioni formano la base essenziale dell' astronomia moderna; noi abbiam dunque fatto il primo passo, il più difficile, nella conoscenza esatta dell'universo.

CAPITOLO VI

La Terra pianeta e mondo.
Dimostrazione teorica e pratica dei movimenti del nostro globo.
La vita sulla Terra.

Dice un vecchio proverbio, che il savio non asserisce mai cosa che egli non possa provare. L'astronomia è la più esatta di tutte le scienze: tutte le verità che insegna sono dimostrate rigorosamente, e non possono venir impugnate da alcuno per poco che egli sia iniziato allo studio di questa scienza maravigliosa.

Sonvi, senza dubbio, delle dimostrazioni matematiche di ordine trascendentale, che si sottraggono ad ogni tentativo che si faccia per renderle popolari. Ma fortunatamente pel senso comune, le prove fondamentali della posizione della Terra nello spazio, e della natura dei suoi movimenti, possono esporsi sotto una forma accessibile a tutti, e non meno facile a intendersi dei raziocinî volgari della più semplice logica. Gli è ciò che ci accingiamo a fare nelle pagine che seguono.

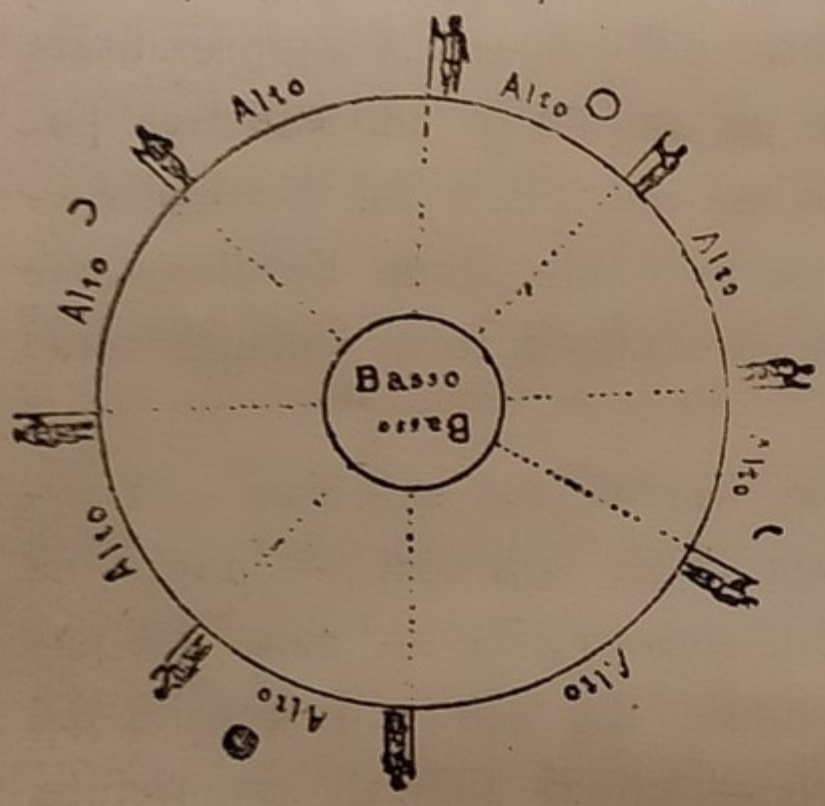


Fig. 31. — Tutt' intorno al globo l'azione del peso si dirige verso il centro.

Importa anzitutto di rendersi conto esatto della realtà, e di conoscere la nostra patria terrestre, come pianeta e come mondo.

Un membro dell'Istituto di Francia, Mercier, uomo che pur non mancava di genio, scriveva nel 1815: « Gli astronomi avranno un bel fare e un bel dire, ma non mi faranno mai credere che io giri come un pollo allo spiedo. » L'opinione personale dell'arguto autore del *Quadro di Parigi* non impediva alla Terra di girare, giacchè, al fatto, volenti e nolenti, noi giriamo.

Conosco pur oggi molte persone istrutte, in apparenza, per le quali è ancora un fatto incerto il moto della Terra, e che, per una ragione o per l'altra, s'imaginano che gli astronomi possono ingannarsi: che il sistema copernicano non è più evidente di quello di Tolomeo, e che, in avvenire, la

scienza potrà fare dei progressi tali da rovesciare le nostre idee attuali come la scienza moderna ha rovesciato le antiche. Non v'ha dubbio che quella gente lì non si son data la più piccola pena di studiare seriamente tale questione. La è dunque una cosa importante, sotto tutti i punti di vista, il riunire in

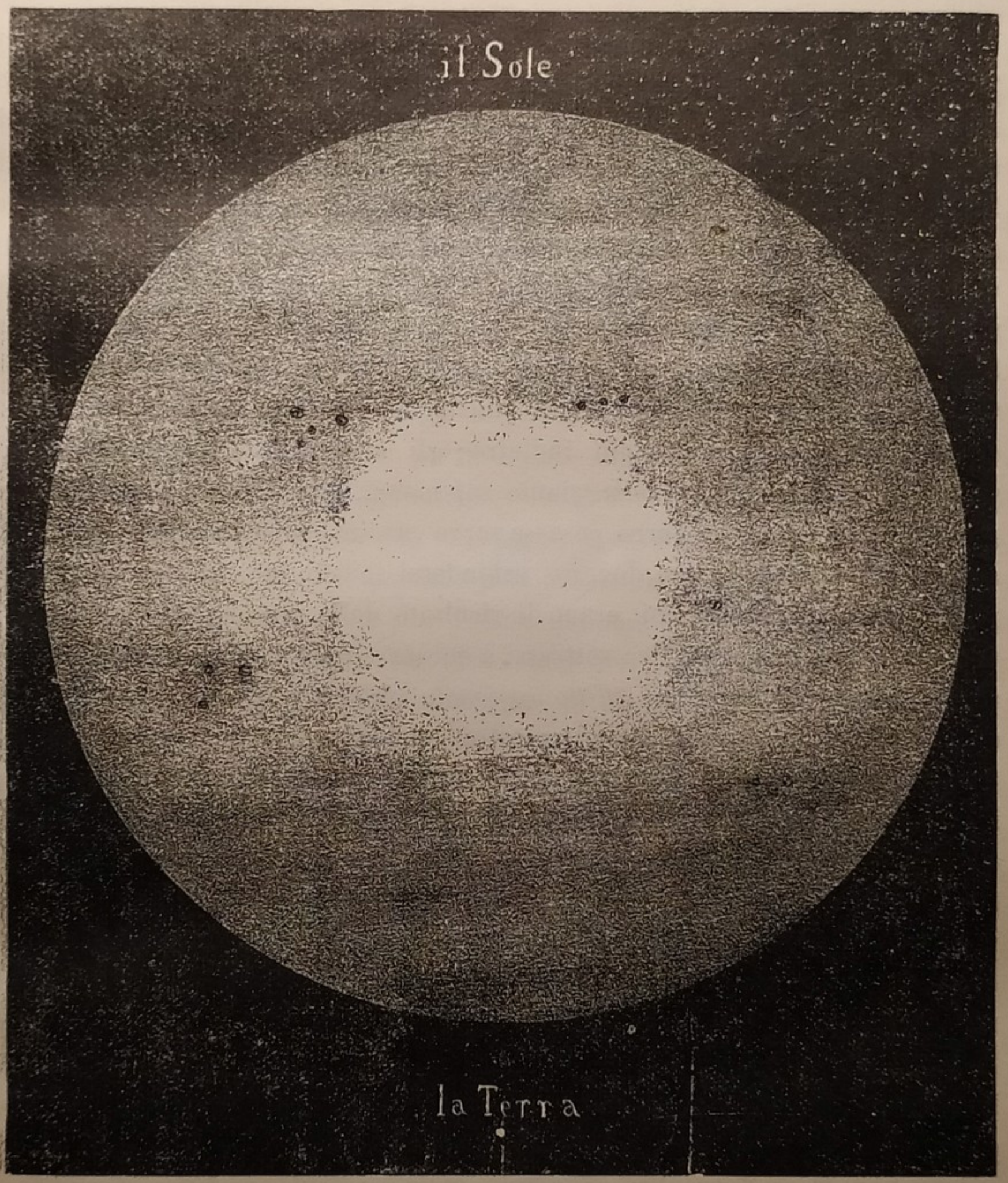


Fig. 32. — Grandezza paragonata del Sole e della Terra

uno stesso corpo di argomenti le *prove positive che noi possediamo dei movimenti platenarî terrestri.*

Io non farò certo ai miei lettori l'ingiuria di insistere sulle prove della sfericità del nostro globo. Sono trecento anni che fu fatto, quasi in tutte le di-

rezioni, il giro del mondo; se ne misurarono le dimensioni e se ne trovò la forma mediante varî processi ben noti; gli elementi della geografia, nei quali primeggia la notizia della sfericità del globo, sono insegnati dappertutto; a nessuno può nascer più dubbio che la Terra non sia rotonda, come una palla.

La prima difficoltà che oggidì ancora vieta a certe intelligenze di ammettere che il nostro globo possa starsene sospeso nello spazio come un aerostato, e completamente isolato da qualsivoglia punto d'appoggio, deriva da un falso concetto del peso. La storia dell'astronomia antica ci mostra quanto fosse grande l'ansia, l'angoscia quasi, dei primi osservatori a cui cominciava a svelarsi la realtà di questo isolamento, ma che non sapevano in che modo trovar ragioni che impedissero di *cadere* a questo globo su cui camminiamo. I primi Caldei avevano imaginato la Terra cava, simile ad un battello; in tal modo almeno essa poteva galleggiare sull'abisso delle arie. I Greci antichi l'avevano posta sopra pilastri, e gli Egizî sul dorso di quattro elefanti, come ebbi a dire più indietro; gli elefanti poggiavano sopra una tartaruga, e la tartaruga galleggiante sul mare... Alcuni filosofi dell'antichità pretendevano anche la Terra posasse sopra cardini collocati ai due poli. Altri ancora fantasticavano che dovesse estendersi indefinitamente sotto ai nostri piedi. Tutti siffatti sistemi erano il risultato della impressione prodotta da una falsa idea del peso. Per sottrarsi a questa antica illusione bisogna sapere che *il peso non è che un effetto cagionato dall'attrazione di un centro.* Gli oggetti situati intorno al globo terrestre tendono verso un centro, e tutt'intorno al globo, tutte le verticali sono dirette verso quel centro. Il globo terrestre attrae tutto a sè, alla guisa di una calamita. Il timore che la Terra cada è dunque un nonsenso; ove potrebbe cadere? Bisognerebbe che un altro corpo più forte di lei la attrasse. Tutte le verticali sono dirette verso il centro del globo. Se noi imaginiamo una serie di persone in piedi tutt'ingiro alla Terra, con un filo a piombo in mano, tutti quei fili, indicanti l'effetto della gravità, saranno diretti verso il centro, che è perciò il *basso*, il *di sotto*, mentre tutte le teste rappresentano l'*alto*, il *di sopra* (fig. 31). Allorchè noi consideriamo il nostro globo isolatamente, nello spazio, nulla facciamo che possa dar buon giuoco all'objezione di coloro che temono di vederlo cadere non si sa dove. *Non v'ha nell'universo nè alto, nè basso.* Se la Terra fosse un astro unico, rimarrebbe eternamente nel sito ove è stata collocata, senza potere in alcun modo cambiare di posto.

Esaminiamo ora la questione del movimento. Noi vediamo tutti gli astri roteare, nell'intervallo di 24 ore, intorno alla Terra. *Due sole* supposizioni si presentano per spiegar questo fatto: o che essi girino dall'est verso ovest, oppure che il globo terrestre giri sopra sè medesimo da ovest verso est. Nel-

l'uno come nell'altro caso le apparenze saranno le stesse per noi, e assolutamente le stesse, attesochè lo spostamento dei corpi celesti che non partecipano del moto della Terra, è il solo indizio di questo movimento, nel quale il nostro aereo naviglio non incontra ostacoli, nè resistenze, nè attriti. Se, per esempio, un uomo si trova in una barca scivolante nel mezzo del fiume, dalla quale non sia mai dalla sua nascita uscito, e avesse ricevuto un'educazione tale da farlo convinto che le apparenze sono realtà e che, come egli vede, le sponde, gli alberi, le case viaggiano lentamente dall'una e dall'altra parte, quell'uomo durerebbe evidentemente molta fatica a togliersi quell'idea dal cervello, e tutti i ragionamenti del mondo non lo convincerebbero così presto del suo errore. Gli bisognerebbe una matura riflessione per giungere a capire che i villaggi non camminano.

Come mai noi, navigatori a bordo di una nave celeste, potremo acquistare certezza in siffatta questione, e sapere se è veramente il cielo che gira intorno alla Terra, o se invece è la Terra che gira sopra sè stessa?

Nel primo caso, ecco quanto bisognerebbe ammettere. L'astro più vicino a noi, la Luna, è lontana 96 mila leghe. Essa dovrebbe dunque percorrere in 24 ore una circonferenza di 192 mila leghe di diametro, vale a dire 603 mila leghe di sviluppo. Le bisognerebbe perciò correre con una velocità di 25 125 leghe all'ora, vale a dire, fare più di 1600 chilometri al minuto, 28 chilometri al secondo... La distanza della Luna non è contestabile; essa è misurata, per via di triangolazioni, più esattamente di quella da Parigi a Roma... ma questo è ancor nulla.

Il Sole, alla distanza di 37 milioni di leghe, avrebbe da percorrere, nello stesso intervallo di 24 ore, una circonferenza di 232 milioni di leghe intorno alla Terra. Dovrebbe perciò volare con una velocità di ~~680 000~~ 9.667.000 leghe all'ora, che è quanto dire di 161 300 leghe al minuto, ossia 9000 chilometri al secondo! Del resto, dovrebbe per tal guisa percorrere in un giorno tanta strada quanto ne percorre il nostro globo in un anno. E questo astro è 1 milione e 300 mila volte più voluminoso della Terra! L'evidente inverosimiglianza di simile ipotesi ci colpisce del pari che la sua meccanica impossibilità al solo esame della fig. 32, che noi diamo qui in anticipazione dei nostri studî sul Sole, che troveranno posto più lungi; sulla qual figura le dimensioni date al Sole e alla Terra stanno nelle loro effettive proporzioni. Il diametro del Sole è 108 volte quello del nostro pianeta. In quanto alla sua distanza, essa fu esattamente determinata mediante sei procedimenti diversi e indipendenti fra di loro. Al sol vedere questo enorme rapporto di grandezza, riesce impossibile al più semplice buon senso l'ostinarsi a voler che il Sole giri intorno alla Terra. Come diceva Cyrano di Bergerac, una tal pretesa può mettersi a paro di quest'altra, che per far arrostire un'allodola infilata sullo spiedo, si

debba far girare, non già lo spiedo col volatile, ma il focolare, il camino, la cucina, la casa e tutta la città intorno all'allodola immobile.

I pianeti, le cui distanze son pure determinate con precisione matematica, partecipano del moto diurno: sarebbero dunque trasportati nello spazio con una rapidità ancor più inconcepibile.

L'estremo pianeta conosciuto dagli antichi, Saturno, lontano dal Sole nove volte e mezza più della Terra, sarebbe obbligato, per girare in 24 ore intorno a noi, di descrivere una circonferenza di 2 miliardi di leghe di sviluppo (lunghezza) e di divorar lo spazio con una rapidità di più di 20 mila leghe al secondo!

Nettuno, il più lontano pianeta del nostro sistema, avrebbe a percorrere 7 miliardi di leghe in 24 ore; cioè 292 milioni di volte 4 chilometri all'ora! E le stelle?... La più vicina trovasi ad una distanza che misura 222 mila volte la lunghezza del raggio medio dell'orbita terrestre, vale a dire, 8 trilioni 200 miliardi di leghe. Questa cifra è incontestabile, come vedremo a suo luogo. Per ruotare intorno alla Terra in 24 ore, quella stella dovrebbe percorrere, in questo intervallo di tempo, una circonferenza, la cui misura sarebbe di 52 trilioni di leghe, e la sua velocità dovrebb'essere perciò di 2250 miliardi di leghe all'ora, 37 500 milioni al minuto, o, in concreto, 625 *milioni di leghe al minuto secondo!...*

Ed è la stella a noi più vicina.

Sirio, situato sette volte più lontano, dovrebbe percorrere la sua gigantesca circonferenza intorno a noi con una rapidità di quattromila milioni di leghe al secondo! La Capra che trovasi lontana 170 trilioni di leghe, dovrebbe percorrere lo spazio con una velocità costante di circa 14 miliardi di leghe al secondo!!.... ecc. E son queste le stelle più vicine. E tutte le altre sono incomparabilmente più lontane, e situate a tutte le distanze imaginabili. E ve n'ha sino all'infinito.

Ecco dunque le due ipotesi: od obbligare tutto l'universo a girare ogni giorno intorno a noi, o supporre il nostro globo animato da un moto di rotazione su sè stesso, evitando così all'universo intero quell' inconcepibile fatica.

Allorchè si considera la distesa dei cieli popolata da milioni e milioni di stelle distribuite in ordini delle più prodigiose distanze, quando si riflette alla piccolezza della Terra in confronto di quelle distanze enormi, è impossibile concepire che tutta quella immensità di corpi possa ruotare con un movimento comune, regolare e costante, nell'intervallo di 24 ore, intorno ad un atomo qual è la Terra. Non solamente il moto diurno di tutti gli astri intorno a noi in 24 ore, è cosa poco verosimile, ma si può altresì aggiungere che è assurdo, e che bisogna essere ciechi per accogliere siffatta idea. Inoltre, tutti i pia-

meti che trovansi a distanze tanto differenti, e i cui moti proprî variano tanto dall'uno all'altro, tutte le comete, che sembrano non aver quasi nessuna somiglianza con tutti gli altri corpi celesti, accrescono ancora la difficoltà. Tutti codesti corpi, rispettivamente indipendenti, e a distanze tali che l'imaginazione ha fatica a concepirle, s'accorderebbero dunque per ruotare ogni giorno tutti insieme, quasi formassero un tutto solo, intorno ad un asse o perno, il quale pure cambia di posto?

Una simile concordanza nel moto di tanti corpi, disuguali del resto fra loro per tutti i riguardi, bastava da sè sola ad avvertire i filosofi che nulla di reale poteva esservi in tali movimenti; e, riflettendovi, essa prova la rotazione della Terra, in guisa da non lasciar più dubbio alcuno, nè appiglio a qualsiasi objezione.

Arroge, che quegli astri sono milioni e milioni di volte più grandi della Terra; che non sono collegati fra loro da verun legame solido che li possa tener vincolati ad un movimento delle sfere celesti; che sono tutti situati a distanze differentissime; e questa spaventevole complicazione del sistema dei cieli attesterà per sè stessa la propria insussistenza e la sua meccanica impossibilità.

Tutte queste assurdità si evitano ammettendo che il picciol globo sul quale viviamo faccia semplicemente un giro sopra sè stesso in 24 ore. In mancanza di dimostrazioni dirette, le quali non fanno tuttavia difetto, come vedremo, il semplice buon senso risolve la questione. Girando sopra sè medesima, la Terra fa semplicemente percorrere a un punto qualunque della sua circonferenza equatoriale 40 000 chilometri in 24 ore, ossia 465 metri al secondo; Parigi non ne percorre che 305 al secondo, e tanto minore è questa velocità quanto più vicino al polo sono i luoghi che si considerano, e più piccoli i circoli che essi descrivono nella rotazione.

D'altra parte ancora l'analogia venne a confermare direttamente l'ipotesi del moto della Terra, e mutare in certezza la sua somma verosimiglianza. Il telescopio ci ha rivelato nei pianeti delle terre analoghe alla nostra, animate pur esse da un moto di rotaziome intorno ai loro assi, rotazione di 24 ore pei pianeti vicini, e di una durata anco minore pei mondi lontani dal nostro sistema. Il sole ruota su sè stesso in 25 giorni, Venere e Marte in 24 ore, Giove in 10 ore, ecc. La semplicità e l'analogia stanno dunque a favore del moto della Terra. Aggiungiamo ora che un tal movimento è rigorosamente voluto e determinato da tutte le leggi della meccanica celeste.

Una delle maggiori difficoltà che si objettavano all'esistenza di un tal moto era questa: se la Terra gira sotto i nostri piedi, inalzandoci nello spazio e trovando modo di sostenervici alcuni secondi o più, noi dovremmo cadere, dopo quell'intervallo, in un punto più occidentale di quello da cui ci siamo inalzati.

Quegli, per esempio, che, all'equatore, riuscisse a sostenersi immobile nell'atmosfera, durante un mezzo minuto, dovrebbe ridiscendere 12 chilometri a ponente dal luogo di partenza. — Sarebbe davvero un' eccellente maniera di viaggiare, e Cyrano di Bergerac pretendeva di essersene servito, allorchè, essendosi elevato in aria con un pallone di sua invenzione, era caduto, alcune ore dopo la sua ascensione, al Canadà, invece di discendere in Francia. Alcuni sentimentalisti, fra gli altri Buchanan, diedero all'objezione una forma più sentimentale, dicendo che se la Terra girasse, la tortorella non oserebbe più allontanarsi dal suo nido, giacchè perderebbe tosto inevitabilmente di vista la sua tenera prole. Il lettore avrà già spontaneamente risposto a questa objezione, riflettendo qualmente tutto ciò che appartiene alla Terra, partecipa, come abbiam detto, del suo moto di rotazione, e che fino agli ultimi limiti dell'atmosfera il nostro globo trascina ogni cosa nel suo corso.

Quando si giuoca alle palle o al bigliardo in un bastimento che solca con rapidità lo specchio delle onde, l'urto dei corpi vi accade colla stessa forza tanto in un verso quanto in qualunque altro, e, se si lascia cadere una pietra dalla cima di un albero, essa cade direttamente al piè di quell'albero come se la nave fosse ferma. Il moto del naviglio è comunicato all'albero, alla pietra e a tutto quello che trovasi su quella casa galleggiante; non v'ha che la resistenza del liquido piano solcato dal battello che permette ai passeggieri di constatare il movimento. Lo stesso accade in ferrovia e in pallone; ma siccome la Terra non incontra nè ostacoli, nè resistenza nel mezzo (ambiente) in cui si muove, nulla vi ha assolutamente nella natura che valga o colla sua resistenza, o col suo moto, o con un urto a farci accorti del moto della Terra. Questo movimento è comune a tutti i corpi terrestri; s'elevino pure nell'aria, essi hanno ricevuto già prima l'impulso dal moto del globo, la sua direzione e la sua velocità; e anche quando si trovassero agli ultimi limiti dell'atmosfera, continuerebbero a muoversi come la Terra (1).

La stessa legge si verifica in un aerostato. Mi ricordo, fra le altre cose, che un giorno, passando sopra la città di Orléans, avevo preparato un di-

---

(1) È stato costruito nello scorso secolo un piccolo apparecchio, la macchina di Steiz, che rende visibile questa composizione del moto. Un picciol carretto, mosso da una molla, scorre sul pavimento di una sala; una pallottola, posta in una bacinella, sta sopra un elastico; un grilletto fa scoccar l'elastico e lancia in aria la pallottola intanto che il carretto corre con gran velocità; la palla ricade, quantunque il carretto abbia cambiato di posto, nella bacinella stessa come se questa fosse rimasta allo stesso posto di prima. Si scorge benissimo che la palla invece di inalzarsi perpendicolarmente e di discendere per la verticale, descrive due linee curve oblique, due rami di parabola, una inalzandosi, l'altra ricadendo sul carretto, e che per tal modo l'ha accompagnato nella sua corsa. Per tal guisa il movimento della palla si mostra evidentemente composto di due moti, quello che il carretto aveva comunicato in verso orizzontale alla palla, e quello che le ha impresso l'elastico dal basso all'alto; la palla descrive la diagonale di quelle due direzioni.

L'acrobata del circo, trasportata da un cavallo di corsa, subisce la stessa legge; allorchè ella si lancia in aria staccandosi dal suo pegaso, esso continua a correre, ed essa ricade direttamente sulla sua sella, come se il cavallo fosse rimasto fermo.

spaccio scritto all'indirizzo del principal giornale del luogo, ed avevo atteso che fossimo giunti al di sopra di un passeggio per lasciarlo cadere con una pietra attaccatavi per contrappeso. Ma qual non fu la mia meraviglia al vedere il sasso, discendendo, mantenersi sospeso sotto il pallone come fosse attaccato ad una cordicella! L'aerostato correva abbastanza lesto. Invece di cadere nel sito che io aveva scelto, od almeno nella città, il dispaccio, seguendo una diagonale, andò a tuffarsi nella Loira. Io non avevo pensato ad uno dei più vecchî quesiti della mia Baccelleria; l'indipendenza dei moti simultanei. Fortunatamente il pallone, dopo aver attraversato il fiume, trovossi, per la condensazione della sera, disceso abbastanza vicino a terra da permetterci di chiamare un abitante della città che percorreva la strada di Orléans e rincasava tranquillamente seduto in un calessino che andava a piccol trotto. Eravamo sul far della notte, e i rintocchi dell'*Angelus* salivano dai campanili dei villaggi: chi rimase ben meravigliato fu il viaggiatore udendosi chiamare dall'alto del cielo. Dapprima parve non credere nè alle proprie orecchie, nè a' proprî occhî. Ma il cavallo s'era fermato di botto, e noi avemmo il tempo di fargli avvertire il nostro passaggio, che l'indomani mattina era pubblicato sui giornali.

Una palla da cannone che venisse lanciata perpendicolarmente verso lo zenit, ricadrebbe nel cannone, quantunque durante il tempo che la palla rimane in aria, il cannone si muova di parecchî chilometri colla Terra verso oriente. La ragion del fatto è evidente: il projettile, elevandosi in aria, non ha perduto nulla della velocità che il moto del globo gli ha comunicata; i due impulsi, quello che conserva per inerzia nel verso della rotazione, e quello ricevuto dall'esplosione non sono contrarî; può percorrere un chilometro inalzandosi, pur facendone nel tempo stesso sei verso oriente: il suo moto nello spazio è la diagonale di un parallelogrammo, uno dei cui lati ha un chilometro di lunghezza e l'altro ne ha sei; ricadrà pel suo peso seguendo un'altra diagonale (curva a motivo dell'accelerazione), e ritroverà il cannone, il quale non ha mai cessato di tenersi, insieme col projettile, sulla retta che va dal centro della Terra alla estremità della linea a cui fu lanciato.

È molto difficile che siffatta esperienza possa riuscire soddisfacente per la difficoltà di avere un cannone ben calibro e di disporlo perfettamente verticale. Mersenne e Petit la tentarono nel diciassettesimo secolo, ma non ricuperarono più il loro projettile. Varignon, nelle sue *congetture sulle cause del peso*, mise a questo proposito sul frontispizio del suo libro una vignetta che noi riproduciamo qui avanti (fig. 33). Vi si vedono due personaggi, un militare e un monaco vicini a un cannone puntato verso lo zenit; essi guardano in aria come per seguir coll'occhio il projettile appena lanciato. Sull'incisione stessa leggonsi queste parole: « Ricadrà esso? » Il monaco è il padre Mer-

senne, e il suo compagno è il signor Petit, intendente delle fortificazioni. Essi ripeterono parecchie volte quella pericolosa esperienza e siccome non furono abbastanza destri per far ricadere la palla sulle loro teste, credettero poterne concludere ch'era rimasta in aria, ove senza dubbio doveva rimaner molto tempo. Varignon non contesta il fatto, ma se ne stupisce: « Una palla sospesa sopra le nostre teste! In verità — dice egli — ciò deve stupire. » I due sperimentatori, se così possono chiamarsi, comunicarono a Cartesio i loro tentativi e il risultato ottenuto. Cartesio non scòrse in quel fatto, supposto esatto, che una conferma delle sue sottili fantasticherie intorno al peso. Fu ripetuta l'esperienza a Strasburgo, e si rinvenne la palla parecchie centinaja di metri lontano. Ne fu causa il non essere il cannone rigorosamente verticale.

Veramente la palla dovrebbe ricadere all'ovest della bocca del cannone, come si rivelerà dalle seguenti considerazioni.

Fig. 33. — Esperienza della palla da cannone fatta nel XVII secolo.

L'osservazione diretta di diversi fenomeni venne ancora a confermare la teoria del moto della Terra, con prove irrefragabili.

Se il globo ruota, deve sviluppare una certa forza centrifuga; questa forza sarà nulla ai poli, e massima all'equatore, e sarà tanto maggiore quanto più si troverà lontano dall'asse di rotazione l'oggetto in cui la si considera. Ebbene: la Terra è precisamente rigonfia all'equatore e depressa ai poli, e si osserva che i corpi perdono all'equatore $\frac{1}{289}$ del loro peso, a cagione della forza centrifuga.

Le oscillazioni del pendolo appoggiano pur esse il fatto sopraccennato. Un pendolo di *1 metro* di lunghezza, che a Parigi fa nel vuoto 86 137 oscillazioni in 24 ore, trasportato ai poli ne farebbe 86 242, ed all'equatore non ne fa più, nello stesso intervallo, che 86 017.

La lunghezza del pendolo che batte il secondo è, a Parigi, di 994 millimetri, all'equatore non è che di 991 millimetri.

Una pietra che cade da un quinto piano a Parigi percorre metri 4,90 nel primo secondo di caduta. Al polo, ove non v'ha forza centrifuga, la caduta

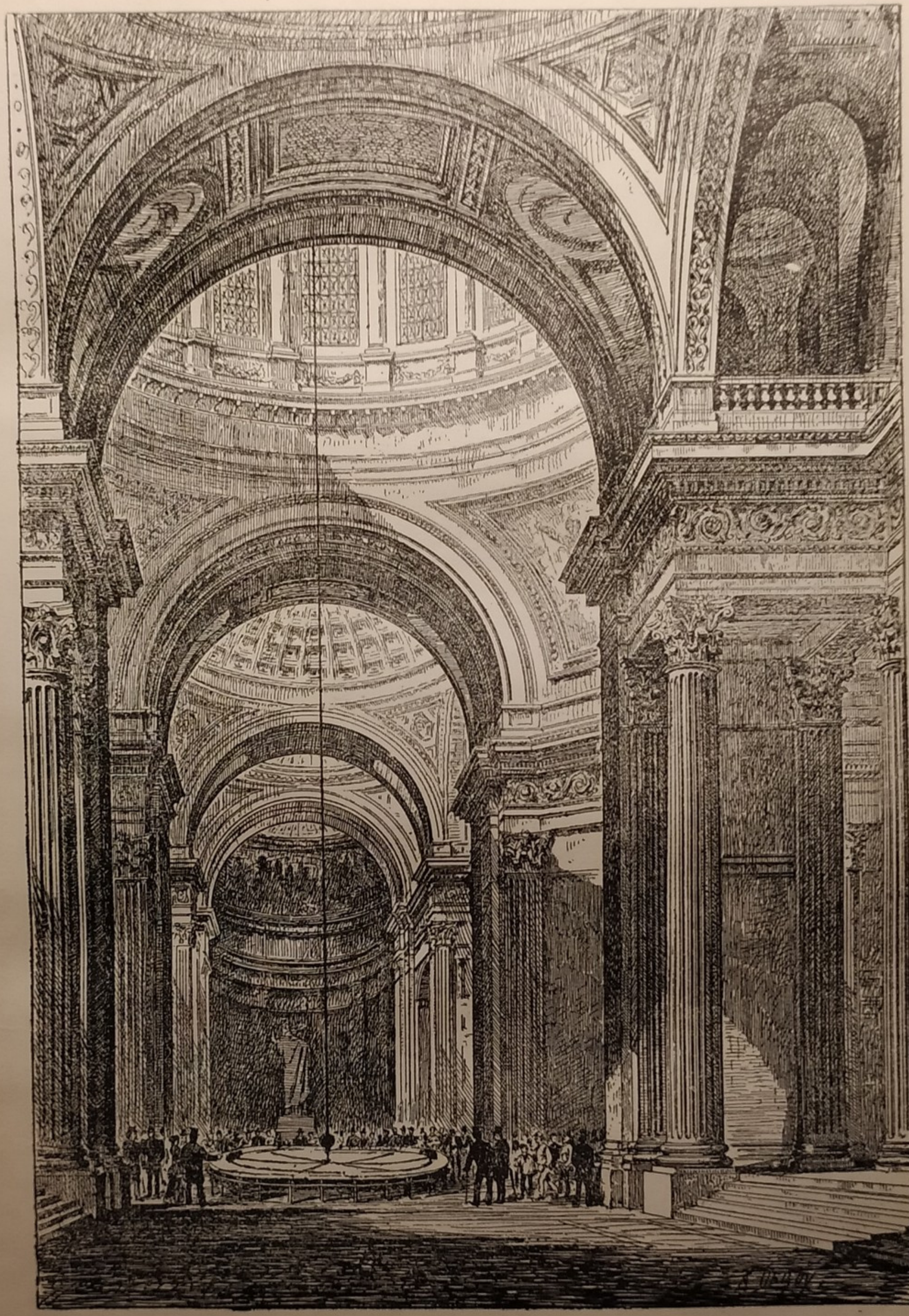


Fig. 34. — Dimostrazione pratica del moto di rotazione della Terra, fatto da Foucault al Pantheon.

è alquanto più rapida: metri 4,92. All'equatore, essa cade in ragione di metri 4,89, con una velocità minore di tre centimetri di quella di cui è animata ai poli. La forma della Terra, che è compressa ai poli, entra per una parte in questa differenza, la forza centrifuga per un'altra.

Un'osservazione curiosa a far qui, si è che all'equatore questa forza è $\frac{1}{289}$ della gravità. Ora, siccome la gravità decresce proporzionalmente al quadrato della velocità di rotazione, e poichè 289 è il quadrato di 17 ($17 \times 17 = 289$), se la Terra ruotasse 17 volte più celeremente, i corpi posti all'equatore *non peserebbero più nulla.*

Siccome la celerità di rotazione è tanto più grande quanto più si è lontani dal centro della Terra, un sasso, alla superficie del suolo, è animato da una velocità verso est alquanto maggiore di un sasso situato in fondo ad un pozzo. Ora, l'eccesso di questa velocità non potendo essere distrutto, se si lascia cadere una pallottola di piombo in un pozzo, essa non cade guari secondo la verticale, ma se ne scosta un po' dalla parte di levante. La quantità della deviazione dipende dalla profondità del pozzo, per una profondità di 100 metri la deviazione è, all'equatore, di 33 millimetri. Nei pozzi delle miniere di Freiberg (Sassonia), fu accertata una deviazione orientale di 28 millimetri per una profondità di 158 metri. È questa evidentemente una prova sperimentale del moto della Terra. Vi è, all'Osservatorio di Parigi, un pozzo che scende alle catacombe, alla profondità di 28 metri, ed attraversa l'edifizio fino alla terrazza superiore la cui altezza è similmente di 28 metri. Il pozzo misura dunque 56 metri di profondità. Al tempo di Cassini vi si fece la precedente esperienza, per dare una prova sperimentale del moto della Terra. — Una palla di piombo lasciata cadere dalla cima delle torri di Nostra Donna (cattedrale di Parigi) non segue la verticale appuntino, ma cade a 15 millimetri a levante, differenza fra le velocità al piede e alla sommità. (L'esperienza è difficile a motivo del movimento dell'aria.)

Anche la fisica del globo ha dato il suo contingente di prove alla teoria della rotazione terrestre, e si può dire che tutti i rami della scienza, che direttamente o indirettamente connettonsi alla cosmografia, s'accordarono per confermarla. La stessa forma dello sferoide terrestre mostra che il nostro pianeta fu una massa fluida animata da una certa velocità rotatoria, conclusione raggiunta dai geologi nelle loro ricerche speciali.

Altri fatti ancora, come le correnti atmosferiche e oceaniche, le correnti polari e i venti alisei, hanno la loro ragione di essere nella rotazione del globo; ma questi fatti hanno minor valore dei precedenti, atteso che potrebbero conciliarsi anche coll'ipotesi del moto del Sole.

Torna qui opportuno ricordare la bella esperienza fatta da Foucault al Panthéon (fig. 34). A meno che non vogliasi negar l'evidenza, quell'esperienza di-

mostra in modo ineccepibile il moto della Terra. Ecco in che consiste. Ad una lastra metallica solidamente fissa nel centro di una vòlta è appeso per un'estremità un filo d'acciajo che resta teso da una palla di metallo molto pesante attaccata all'altra estremità. Al di sotto, la palla porta una punta destinata a tracciare alcuni leggerissimi solchi sopra la finissima sabbia di cui è cosparso il suolo, quando il gigantesco pendolo sia in movimento. Ora accade cotesto, che posto il pendolo in moto in un piano determinato qualunque, le tracce fatte dalla punta non si sovrappongono: vale a dire che le successive tracce si intersecano nel centro (nella verticale del punto di sospensione del pendolo) rivelando per tal modo una continua deviazione delle oscillazioni da oriente verso occidente. In realtà, il piano d'oscillazione si conserva immobile, ma la Terra gira sotto il pendolo da occidente verso oriente. La spiegazione del fenomeno si appoggia al fatto, *che la torsione del filo non impedisce al piano d'oscillazione di essere invariabile.* Ognuno può verificar questo fatto con una esperienza semplicissima. Prendete una palla sospesa ad un filo di uno a due metri di lunghezza, attaccate il filo ad una vite fissa nel soffitto della camera; fate oscillare il pendolo, e intanto che oscilla fate girare la vite: il filo si torcierà più o meno, ma la direzione, ossia il piano delle oscillazioni, non varierà affatto per questo.

Questo è il principio importantissimo di meccanica su cui si fondò la celebre esperienza ideata da Foucault, e compita da questo compianto scienziato sotto la cupola del Panthéon nel 1851 (1).

Se noi imaginiamo un pendolo di una grande altezza sospeso al di sopra di uno dei poli della Terra, dal momento che questo pendolo è in moto, rimanendo invariabile il piano delle sue oscillazioni, malgrado la torsione del filo, la Terra girerebbe sotto di esso, ed il piano d'oscillazione parrebbe girare in 24 ore intorno alla verticale, in verso contrario, quindi, al vero moto di rotazione della Terra.

Se il pendolo fosse sospeso in un punto dell'equatore, non avrebbe più luogo alcuna deviazione. Ma per tutti i luoghi fra l'equatore e i poli, l'invariabilità del piano di oscillazione si manifesta con una deviazione in verso

---

(1) Abbiamo qui sopra rappresentato quella famosa esperienza costituente una dimostrazione rigorosa. Aggiungiamo ora alcune spiegazioni. Una palla di rame del peso di 30 chilogrammi era sospesa ad un filo d'acciajo, cilindrico ed omogeneo, lungo 68 metri. Allo stato di equilibrio (riposo) essa occupava il centro di un' impalcatura ~~circolante~~ circolare, col lembo diviso in gradi, elevata dal suolo quanto può essere il davanzale della finestra. (Durante il regime repubblicano del 1848 il Panthéon era un monumento civile, non una cappella). Mediante un filo di canape si spostava la palla e la si tratteneva fuori della sua posizione di equilibrio, quindi si abbruciava il filo con un solfanello, e la palla, abbandonata a sè stessa, cominciava una serie di lente oscillazioni. Sull' impalcato circolare era disposto un mucchietto di sabbia fina, in forma di prisma triangolare, il cui spigolo superiore veniva intaccato ad ogni passaggio della sottil punta fissata sotto la palla. Il pendolo impiegava 16 secondi tra un'andata e un ritorno alla sua posizione iniziale e intaccava sempre più la breccia ad ogni ritorno, talmente che dopo cinque minuti l'intaccatura si era allargata, sempre dalla stessa parte, di parecchi centimetri; in capo ad un' ora l'angolo misurato da essa era di parecchi gradi.

contrario al moto della Terra. Tali sono le prove positive ed assolute del moto di rotazione della Terra intorno al proprio asse. Le prove del moto di traslazione intorno al sole non sono meno convincenti.

Anzitutto i pianeti, tutti quanti sono, girano intorno al Sole, e la Terra non è che *un pianeta*. Per spiegare i moti apparenti dei cinque pianeti conosciuti dagli antichi (Mercurio, Venere, Marte, Giove, Saturno), nell'ipotesi della Terra immobile, gli astronomi erano stati costretti a complicare stranamente il sistema del mondo, sì che eran giunti persino ad imaginare 72 sfere di cristallo concentriche le une alle altre! Tutti i pianeti girano, al pari della Terra, intorno al Sole. Il lungo circuito descritto dalla Terra annualmente dà origine a continui mutamenti di prospettiva facili a indovinarsi: allorchè noi progrediamo in un verso, un dato pianeta sembra indietreggiare, cioè muoversi in direzione contraria; quando andiamo a sinistra, un altro sembra camminar verso destra; in certi casi, la combinazione dei due movimenti arresta in apparenza il pianeta nel suo corso e lo fa parere immobile sulla sfera celeste. Nella teoria della traslazione della Terra intorno al Sole, queste variazioni si spiegano da sè medesime e si calcolano anticipatamente. Nell'ipotesi contraria, creano una complicazione inammissibile, complicazione tale che già al XIII secolo il re astronomo, Alfonso X di Castiglia, osava dire che « se Dio avesse preso consiglio da lui quando creò il mondo, lo avrebbe costrutto in una forma più chiara e meno complicata », parola imprudente che al re troppo sincero costò la corona. Dal XIII secolo lo studio continuo del corso delle comete sì numerose che solcano lo spazio in tutte le direzioni, ha dimostrato che per quanto eccentrici sieno questi astri capelluti, essi protestano contro l'antico sistema, giacchè, diceva Fontenelle « già da molto tempo avrebbero mandato in pezzi tutto il cristallo dei firmamenti ». Il calcolo delle orbite delle comete, la cui esattezza è comprovata dal ritorno di questi astri ai punti del cielo pronosticati, sarebbe affatto impossibile se la Terra fosse immobile. Il pianeta Urano, scoperto in sul finire dello scorso secolo, al di là dell'orbita di Saturno; il pianeta Nettuno scoperto verso la metà del nostro secolo, più lontano ancora, girano anch'essi per non dubbie prove intorno al Sole, e non intorno alla Terra; che più? la scoperta di Nettuno, fatta dietro la semplice induzione, appoggiata alla teoria matematica, fu davvero il colpo di grazia per gli ultimi sostenitori dell'antico sistema: poichè, unicamente basandosi sulle leggi della gravitazione universale, potè il matematico Leverrier preannunciare l'esistenza di un astro lontano più di mille milioni di leghe da noi, e girante intorno al Sole in 165 anni. Aggiungiamo ancora che dei piccolissimi pianeti (planetoidi) in numero di quasi duecento, furono scoperti fra le orbite di Marte e di Giove, dal principio del nostro secolo; e che essi pure girano intorno al Sole, nessuno eccettuato.

Pertanto il sistema solare forma una sola famiglia, di cui il gigantesco e potente astro, ch'è il Sole, è il centro ed il moderatore.

Ma qui non è tutto. Noi *vediamo* il moto di traslazione annuale della Terra riflettersi nel cielo. Le stelle non sono a distanze infinite; alcune anzi sono relativamente abbastanza vicine, cioè non più lontane di qualche trilione di leghe. Ora, la Terra, girando intorno al Sole, descrive un'ellisse di 232 milioni di leghe di sviluppo (928 milioni di chilometri). Ebbene, se si esamina attentamente, durante tutto il corso dell'anno, una delle stelle più vicine, prendendo per termine di confronto una stella lontanissima, si vede che la più vicina subisce nella sua posizione un gioco di prospettiva cagionato dal moto della Terra, e, invece di rimanersene fissa per tutto l'anno nel medesimo punto, sembra muoversi essa pure, seguendo un'ellisse tracciata in senso inverso al nostro moto annuo. Ed è appunto dietro la misura di queste ellissi descritte sul fondo del cielo dalle stelle, che se ne poterono calcolar le distanze. Ai tempi di Copernico, di Ticone, di Galileo, l'immobilità apparente delle stelle era uno dei più validi argomenti invocati contro la teoria del moto della Terra. Quest'argomento fu rovesciato al pari di tutti gli altri, dai progressi ottenuti nella sempre crescente precisione delle osservazioni astronomiche.

Ma non è tutto ancora. Il moto annuo della Terra intorno al Sole si riflette parimenti sulla vòlta celeste in un altro fenomeno che chiamasi « aberrazione della luce ». Ecco in che consiste: i raggi luminosi giungono a noi dalle stelle in linea retta, con una velocità circa 10 000 volte maggiore di quella della Terra sulla sua orbita. Se la terra fosse ferma, noi riceveremmo quei raggi direttamente e senza inflessione. Ma noi corriamo sotto i raggi luminosi, come, per esempio, sotto una pioggia verticale; più noi corriamo e più dobbiamo inclinare il nostro ombrello per ripararci dalla pioggia. Se ci troviamo in ferrovia, la combinazione della velocità orizzontale del convoglio con quella verticale delle goccie di pioggia, fa tracciare a queste delle linee oblique sulla portiera della carrozza. Ebbene: noi possiamo paragonare i nostri cannocchiali diretti alle stelle al nostro ombrello opposto alla direzione delle goccie di pioggia (1). Il moto della Terra è tale, che noi siamo obbligati a

(1) Se noi volessimo, stando in convoglio, raccogliere in un tubo le goccie di pioggia in modo che ne percuotessero direttamente il fondo, è chiaro che dovremmo tener il tubo inclinato finchè il convoglio è in corso, e verticale se il convoglio è fermo. — Sostituiscansi alle goccie di pioggia i raggi luminosi delle stelle e al tubo un cannocchiale, e avremo una prova che la terra si muove rispetto alle stelle, come il convoglio si muove rispetto alla pioggia verticale. Se è vero che la luce, per rapida che sia, impiega tuttavia un certo tempo ad arrivarci dalle stelle, e se è vero ancora che la terra si muove in una curva rientrante, che cosa deve accadere di una stella posta al polo dell'orbita? Siccome il raggio di una stella posta sul nostro capo ci deve arrivare obliquo anzichè verticale, noi vedremo la stella fuori della sua posizione effettiva; ma, essendo l'orbita rientrante e composta di due rami, sopra uno dei quali la terra si muove in una direzione e sull'altro in direzione contraria alla precedente, così se intanto che la terra percorre un ramo di orbita vediamo la stella spostata in un verso, percorrendo l'altro ramo, la vedremo spostata nel verso opposto; ma questi due spostamenti opposti succedendosi per lenta transizione, che ne accadrà? Che la stella ci parrà descrivere un circolo intorno alla sua posizione vera. E questo è appunto quello che si verifica, dunque la terra si muove realmente.

IL TRAD.

inclinare i nostri cannocchiali per ricevere i raggi luminosi delle stelle. Ogni stella traccia annualmente sulla sfera celeste un' ellisse molto più grande di quella dovuta alla prospettiva della sua distanza, e la cui forma, come la grandezza, dipende, non più da questa distanza, ma dalla posizione della stella rispetto al moto annuo della Terra. Questo fenomeno è di grandissima importanza in astronomia. Esso servì ad un tempo a stabilire l'esattezza della teoria della trasmissione successiva della luce in ragione di 75 000 leghe per secondo, ed ha fornito una prova diretta della realtà del moto della Terra intorno al Sole. Se la Terra fosse in riposo, questi movimenti sarebbero assolutamente inesplicabili. Come si vede, tutte queste dimostrazioni sono di un'estrema semplicità.

Tutti i moti della Terra che noi abbiamo descritti più indietro, si leggono, in certo modo, in cielo da chi ben l'osservi, e bisognerebbe essere ciechi volontarî per non riconoscerli tali quali sono effettivamente.

Ma oggidì non sono assolutamente dimostrati soltanto i movimenti del nostro pianeta nello spazio al paro di quelli de' suoi compagni; ma la causa teorica stessa di questi movimenti, l'ATTRAZIONE O GRAVITAZIONE UNIVERSALE, è provata e confermata da tutti i fatti dell'astronomia moderna. La conoscenza di questa causa basta oggi per prevedere e preannunciare le più piccole perturbazioni, le minime influenze che i corpi celesti esercitano gli uni sugli altri, e persino per iscoprire astri invisibili. Di tal guisa fu scoperto Nettuno, senza il sussidio del telescopio; così fu scoperte il satellite di Sirio, astri identificati in seguito con osservazioni dirette. *Tutti* i fatti della scienza si accordano per provare, affermare sotto tutte le forme, e dimostrare sempre più la verità delle teorie astronomiche moderne! *nessuno* si presenta a contraddirle. V'ha dunque certezza assoluta, incontestabile.

Qualche volta proviamo una vera difficoltà a far dividere queste convinzioni a certe persone ribelli a qualsiasi dimostrazione. Così, per esempio, un vecchio proverbio asserisce: « che è molto più facile infondere dell'acume ad uno sciocco, che persuaderlo che non ne ha. » Per buona ventura il problema che ci occupò non è di una così faticosa soluzione. Non crediamo d'essere ottimisti sperando che dopo l'esposizione di tutti gli argomenti che precedono, non resti più posto pel minimo dubbio nella mente dei nostri lettori.

Fermiamoci ora un istante per contemplare la Terra nella sua, dirò quasi, vivente personalità.

Questo globo che ci porta ha un diametro di 12 732 chilometri; non è tuttavia assolutamente sferico, essendo leggermente depresso ai poli, in cifra tonda di $\frac{1}{300}$; il diametro che passa pei poli è più corto di quello del circolo equatoriale, e la differenza è di 12 chilometri. Sopra un globo di $\frac{1}{2}$ metro di raggio, la differenza fra i diametri non sarebbe che di 3 millimetri e $\frac{1}{2}$.

Sopra un globo siffatto, la montagna più alta del nostro mondo, il Gaurisankar, nell'Himalaja, la cui altezza è di 8840 metri, non misurerebbe che 7 decimi di millimetro. Il nostro globo è pertanto proporzionalmente più liscio, alla sua superficie, di una melarancia, anzi lo è quanto una palla da bigliardo. In quanto alle dimensioni materiali dell'uomo considerate relativamente al mondo che egli abita, esse sono tali, che sopra un globo di 12 metri di diametro, ossia, di quasi 38 metri di periferia, lo spazio compreso da un O, come è questo, potrebbe contenerne diecimila l'uno a fianco dell'altro. Eppure, chi lo sa! Forse v'hanno, nell'infinito, dei mondi e degli uomini di dimensioni così lillipuziane!

Quanto più si sale elevandosi sulla superficie del globo, l'orizzonte s'allarga in ragion del rapporto che esiste fra l'altitudine e la grandezza della sfera. A mille metri d'altezza noi dominiamo collo sguardo un circolo (o piuttosto

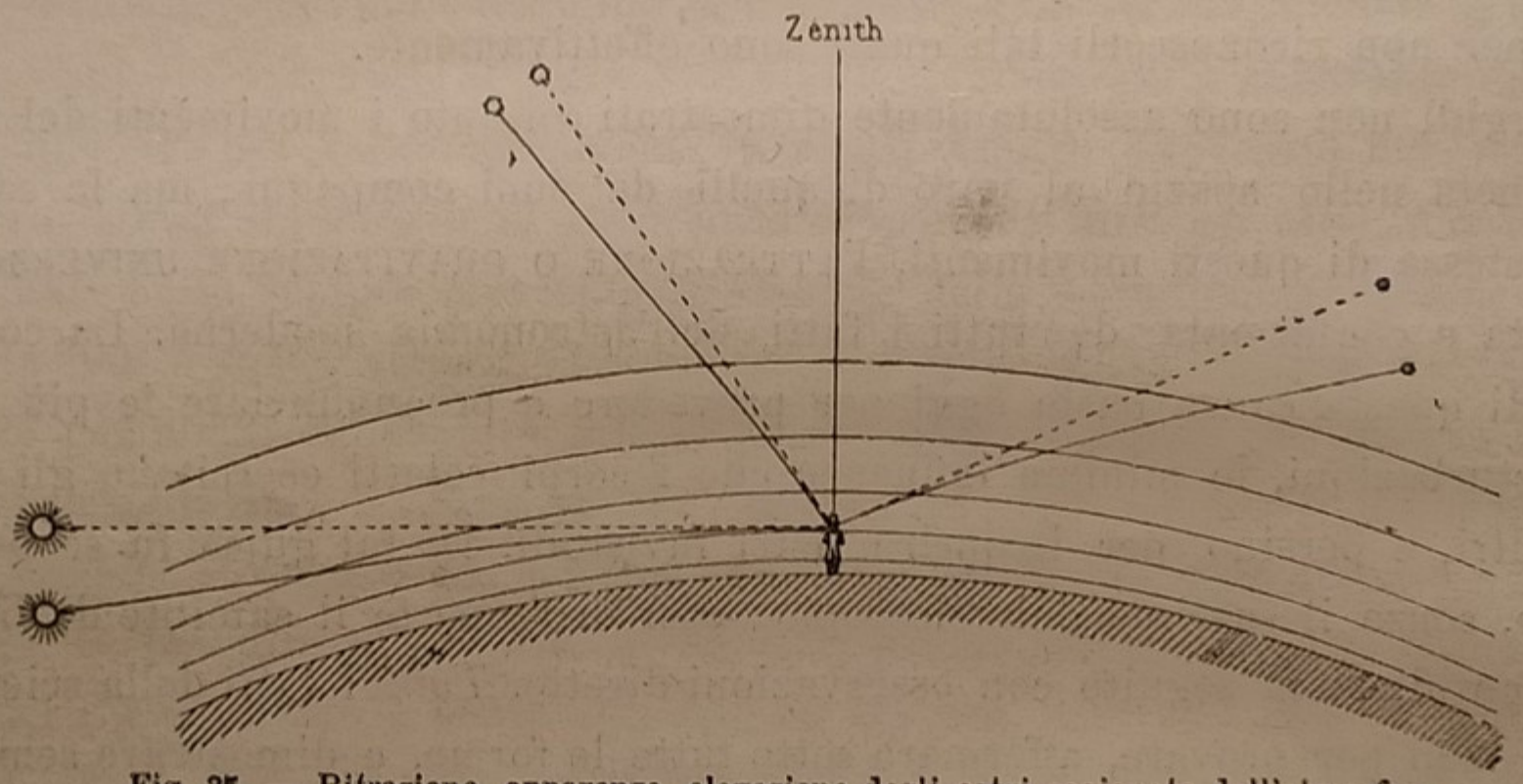


Fig. 35. — Rifrazione, apparenze, elevazione degli astri cagionate dall'atmosfera.

una calotta sferica) il cui raggio è di 112 chilometri, ed è quanto dire che noi abbracciamo un'estensione di 39 400 metri quadrati, approssimativamente.

L'orizzonte di Parigi prolungato fino a Marsiglia incontrerebbe la verticale di questa città a più di 30 chilometri sopra il piano di essa.

Aggiungiamo ancora che il nostro globo è ravvolto da un'atmosfera, in fondo alla quale noi respiriamo e viviamo, composta di gas (azoto, ossigeno, acido carbonico) e del vapore acqueo che si solleva dai mari, dai laghi e dalle regioni bagnate da fiumi o da pioggie. Quest'atmosfera, non essendo perfettamente trasparente, riflette la luce del giorno, e si tinge di quell'azzurro che sembra formar sopra di noi una vòlta celeste. Alla luce diffusa del dì, composta della luce riflessa dalle molecole aeree, è da attribuirsi il fatto che di giorno le stelle e i pianeti sono invisibili. Gli astri più splendenti però, come Venere, Giove, Sirio, giungono qualche volta a squarciare coi loro raggi quel velo azzurro; si possono così vedere, cercandoli a bella posta col sussidio

di un cannocchiale o anche di un semplice tubo annerito internamente. La nostra atmosfera non è, relativamente, molto alta, giacchè all'altezza di 48 chilometri diventa quasi impercettibile, e molto prima non è più sufficiente per la respirazione. Nelle ascensioni aerostatiche non furono mai oltrepassate

Fig. 36 — Tramonto del Sole in riva al mare.

i nove chilometri. È probabile che al di sopra, ossia al di fuori, rispetto alla Terra, di questa atmosfera d'aria, ve ne sia un'altra più leggiera ancora, idrogenata, perocchè lo studio dei crepuscoli, delle stelle cadenti (meteoriti od asteroidi) e delle aurore boreali (luci polari) porterebbe a 300 chilometri il limite estremo della nostra atmosfera. Matematicamente essa potrebbe estendersi anche più lontano; ho calcolato che soltanto alla distanza di

40 000 chilometri dalla Terra, tutt' intorno a questa, la forza centrifuga sviluppata dal rivolgersi del globo intorno a sè stesso, lancierebbe nello spazio le molecole d'aria se ve ne fossero in quella regione; all'estremità di un tal raggio si stabilisce l'equilibrio, sì che un satellite che avesse quella distanza da noi potrebbe circolare intorno a noi nel periodo stesso della rotazione della Terra, di 23 ore e 56 minuti.

L'atmosfera ha una parte importantissima nelle osservazioni astronomiche, giacchè essa devia i raggi luminosi che ci piovono dagli astri, che noi vediamo perciò in una posizione più elevata dell'effettiva. Gli è ciò che chiamasi *rifrazione* (fig. 35). Per un astro posto verticalmente sul nostro capo, la deviazione è nulla, perchè il raggio luminoso arriva a noi attraversando perpendicolarmente gli strati atmosferici (1). Essa aumenta colla distanza dallo zenit, ossia avvicinandosi all'orizzonte. All'orizzonte, proprio, essa è enorme, poichè eleva gli astri di una quantità eguale al diametro apparente del Sole e della Luna, di guisa che, allorchè si vedono sorgere questi astri, essi sono ancora sotto il piano dell'orizzonte dell'osservatore. Devesi ancora cercare nella rifrazione la causa del fatto che il Sole al suo tramonto, quando in una bella sera d'estate lo contempliamo scendere dietro l'ultimo lembo delle nostre pianure o del mare (fig. 36) ci presenta un disco ovale e talora anche bizzarramente sformato. A tutte le osservazioni astronomiche si fa una correzione calcolata in relazione di uno dei dati, per ricondurre gli astri alle loro posizioni effettive.

Poichè il globo terrestre misura 3183 leghe di diametro rappresenta un volume di mille miliardi di chilometri cubi. Ed essendo una massa materiale definita, a nulla sospeso od aderente, lo si è potuto pesare (colla bilancia di Cavendish). Pesa cinque volte e mezza più che se fosse interamente composto di acqua, ciò che equivale ad un peso di 5875 *sestilioni* di chilogrammi. L'atmosfera pesa circa un milione di volte meno, ossia, a un di presso 6263 *quattrilioni* di chilogrammi.

La superficie della Terra misura 510 milioni di chilometri quadrati (pari a quella di un piano quadrato il cui lato avesse in circa 22 000 chilometri di lunghezza), dei quali 383 260 000 sono coperti dalle acque dell'oceano, di guisa che non ne restano che 126 710 000, ossia soltanto il quarto per la terra abitabile.

---

(1) Si sa dalla Fisica che se un raggio luminoso passa dall'aria in una sostauza più densa o meno densa, si piega, nel punto d'ingresso (d'incidenza) e, nel primo caso si avvicina, nel secondo, si allontana dalla perpendicolare che s'imagina condotta pel punto d'incidenza alla superficie della sostanza in cui entra. Questa è la legge della rifrazione, e vale qualunque sieno le due sostanze contigue attraversate da un raggio di luce. V' hanno però due casi in cui non ha luogo rifrazione; giova qui accennare ad uno di questi, ed è quello in cui il raggio di luce penetra in un mezzo (sostanza) con direzione perpendicolare alla superficie che incontra nell'entrarvi; del secondo caso si dirà più opportunamente presentandosene l'occasione.

IL TRAD.

Il nostro pianeta vive di una certa vita siderale, di cui non possiamo ancora renderci un conto abbastanza preciso. Delle correnti magnetiche circolano in esso, e sotto la loro misteriosa influenza l'ago magnetico cerca continuamente il nord colla sua punta irrequieta. L'intensità e la direzione di quelle correnti variano quotidianamente, d'anno in anno, di secolo in secolo. Or sono circa due secoli, nel 1666, la bussola a Parigi, era precisamente diretta a nord.

In seguito piegò verso ovest, vale a dire verso sinistra per chi guarda il polo boreale; la sua deviazione era di 8 gradi nel 1700, di 17 gradi nel 1750, di 22 nel 1800; crebbe ancora di un mezzo grado fino al 1814, poi cominciò a decrescere, cioè l'ago riavvicinossi al nord; la deviazione fu di 22 gradi nel 1835, di 20 nel 1854, di 19 nel 1863, di 18 nel 1870, e di 17 nel 1879. Essa continua a diminuire, ed è probabile che verso il 1962 tornerà ad essere di nuovo nulla. Ecco un'importante variazione secolare, che fu cagione di molti disastri marittimi pei piloti che l'ignoravano. Aggiungiamo che tutti i giorni questo curioso ago oscilla leggermente sul suo asse, scostandosi dal meridiano magnetico verso est alle ore 8 del mattino, e verso ovest ad un'ora dopo mezzodì. L'ampiezza di siffatte oscillazioni varia essa pure d'anno in anno, e, cosa degna di seria considerazione, quell'ampiezza sembra corrispondere colla quantità delle macchie solari (1); l'amplitudine è massima negli anni in cui s'incontra maggior numero di macchie. Il numero delle aurore boreali sembra del pari in rapporto collo stato del grande astro diurno. Del resto, l'ago magnetico disposto in una cantina dell'Osservatorio di Parigi *segue* l'aurora boreale che dardeggia i suoi fuochi aerei in Svezia e in Norvegia: esso è inquieto, agitato, direi quasi febbricitante, meglio ancora pazzo, e il suo turbamento non cessa che allo sciogliersi della lontana meteora...

Qual libro è mai quello della Natura! E quanto fa meraviglia il vedere come abbia così pochi lettori!

La vita del nostro pianeta si manifesta esteriormente colle piante che ne ammantano la superficie, cogli animali che lo popolano, e l'umanità che lo abita. Si conoscono cento e ventimila specie vegetali, e trecentomila specie animali; non vi ha che un'unica specie umana, perocchè l'umanità è l'incarnazione dello Spirito.

La popolazione umana del nostro pianeta si compone, dietro le ultime statistiche, di 1 miliardo e 400 milioni di abitanti. Si conta un neonato ad ogni minuto secondo circa: ed un essere umano muore, del pari, ad ogni secondo.

---

(1) Le macchie solari, di rado visibili ad occhio nudo, sono squarci che si producono nella fotosfera solare, attraverso i quali la parte interna, dotata di minor luminosità, ci appare oscura. Siffatte macchie non si vedono in generale, che dalle due parti dell'equatore dell'astro e non verso i poli; ora sono rare, or numerose od aggruppate, di forme varie e variabilissime; sono mobili per sè stesse e per effetto della rotazione propria del Sole. — Se ne parlerà più diffusamente al Lib. III. Cap. III. IL TRAD.

Il numero delle nascite è tuttavia un po' più grande di quello delle morti, e la popolazione cresce secondo una proporzione variabile.

Il numero d'uomini vissuti sulla Terra dall'origine della umanità può valutarsi di 400 miliardi. Se risuscitassero tutti, uomini, donne, vecchî e fanciulli, e si stendessero gli uni accosto agli altri, coprirebbero la superficie intera della Francia. Ma tutti quei diversi corpi furon composti successivamente degli stessi elementi. Le molecole che noi respiriamo, beviamo e mangiamo e incorporiamo nel nostro organismo hanno fatto già parte dei nostri antenati.

Uno scambio universale si effettua incessantemente fra tutti gli esseri : la morte non tiene nulla per sè. La molecola d'ossigeno che sfugge dai ruderi di un'antica quercia atterrata dal peso dei secoli, va ad incorporarsi nella bionda testolina del neonato, e la molecola d'acido carbonico che se ne vola via dal petto affannoso del moribondo, steso sul suo letto di dolori, corre a dar vita alla brillante corolla della rosa del giardino... Per cotal guisa la più assoluta fratellanza governa le leggi della vita; così la vita eterna è organizzata dalla morte perpetua. Lo Spirito solo vive e contempla. La polvere ritorna alla polvere. I mondi vogano nello spazio illuminati dagli irraggiamenti e dai sorrisi di una vita, che incessantemente si rinnova.

Di secolo in secolo gli esseri viventi sono sostituiti da altri esseri, e, sui continenti come nei mari, se la vita irradia sempre, non sono però gli stessi cuori che palpitano, non sono sempre gli stessi occhî che sorridono. La morte compone successivamente nella tomba uomini e cose, e sulle nostre ceneri, al paro che sulle rovine degli imperi, sempre risplende la fiamma della vita. La Terra dà all'uomo i suoi frutti, le sue mandre, i suoi tesori; la vita circola, e la primavera sempre ritorna (fig. 37). Si crederebbe quasi che la nostra propria esistenza, debole e labile cotanto, non fosse che una parte costitutiva della lunga esistenza del pianeta, come le foglie annuali di un albero secolare; e che, simili ai muscoli, e alle muffe, noi non vegetiamo un momento alla superficie di questo globo, che per servire ai processi di una immensa vita planetaria che noi non intendiamo.

L'umana specie è, in grado molto minore degli altri animali e delle piante, dipendente dalle circostanze del suolo e dalle condizioni meteorologiche dell'atmosfera: mercè l'attività dello spirito, e i progressi dell' intelligenza che a poco a poco si eleva, come anche per quella meravigliosa flessibilità di organizzazione che si adatta a tutti i climi, essa sfugge più facilmente alle azioni della natura; ma non partecipa meno però, in modo essenziale alla vita che anima tutto intero il nostro globo. Egli è a motivo appunto di siffatti segreti rapporti, che il problema così oscuro e tanto controverso della comune origine di tutte le umane razze, entra nella sfera delle idee abbracciate dalla descrizione fisica del mondo.

V'hanno delle famiglie di popoli più suscettibili di coltura, più incivilite,

Fig. 37. — La Terra dà all'uomo i suoi frutti, le sue mandre, i suoi tesori; la vita circola e la primavera sempre ritorna

più illuminate, ma noi possiamo dire con Humboldt che non ve n'ha una più nobile delle altre. Tutte sono egualmente fatte per la libertà; per quella

libertà, la quale in un stato sociale poco avanzato, non appartiene che all'individuo, ma che, presso le nazioni che godono dei beneficî di vere istituzioni politiche, è il diritto dell'intera comunità. Un'idea che si rivela attraverso la storia, estendendo ogni dì più il suo salutare impero; un' idea che, meglio d'ogni altra, prova il fatto così spesso contestato, ma più soventi ancora mal inteso, della perfettibilità generale della specie, è l'idea dell'umanità. È dessa che tende ad atterrare le barriere che i pregiudizî ed interessi d'ogni maniera hanno inalzato fra gli uomini, e a far considerare l'umanità nel suo insieme, senza distinzione di religioni, di nazionalità, di colore, come una grande famiglia di fratelli, come un corpo unico, che cammina verso un solo e medesimo scopo: il libero svolgimento delle forze morali. Questo scopo è l'intento finale, la meta suprema della sociabilità, e nel tempo stesso la direzione imposta all'uomo dalla sua propria natura per l' ingrandimento indefinito della sua esistenza. L' uomo guarda la terra per quanto lungi si estende, il cielo per quanto profondamente può penetrarvi, illuminato da stelle; la sua intelligenza lo eleva al disopra di tutti gli altri organismi terrestri:

Os homini sublime dedit, cælumque tueri
Jussit, et erectos ad sidera tollere vultus.

Progresso e Libertà! Il ragazzo di già aspira a varcare le montagne e i mari che circoscrivono la sua angusta dimora; e poi, ripiegandosi sopra sè stesso come la pianta, sospira al ritorno. E, quanto v'ha infatti nell'uomo di bello e di commovente, è questa duplice aspirazione verso quello che egli desidera e verso quello che ha perduto; esso lo preserva dal pericolo di affezionarsi in modo esclusivo all'istante presente.

E per tal modo, radicata nel fondo medesimo dell' umana natura, imposta nel tempo stesso da' suoi istinti più nobili, dalle sue più sublimi aspirazioni, questa unione benevola e fraterna dell'intera specie, diventa una delle grandi idee che presiedono alla storia. La nostra umanità non ha raggiunto ancora l'età della ragione, poichè non sa ancora governarsi da sè stessa e non è per anco uscita dal guscio dei grossolani istinti del bruto; ma è destinata a diventare istrutta, illuminata, intelligente, libera e grande nella luce del cielo. — Al suo fianco, sulle isole galleggianti che ci accompagnano nello spazio, e in grembo alle inaccessibili profondità dell' infinito, le altre terre sue sorelle portano anch'esse delle umanità viventi, che si elevano contemporaneamente alla nostra nel progresso infinito, e verso la perfezione assoluta.

CAPITOLO VII.

Come s'è formata la Terra? Sua età, sua durata. L'origine e la fine dei mondi.

Le pagine precedenti facendoci conoscere il posto che noi occupiamo nell'universo, ci hanno insegnato che la Terra è un astro del firmamento. Questo era infatti il primo e più importante punto di vista sotto cui importava di considerare il nostro globo, allo scopo di affrancarci per sempre dal vanaglorioso sentimento pel quale finora consideravamo la Terra come base e centro della creazione, e da quel patriotismo da campanile, che ci faceva preferire il nostro paese a tutto il resto del mondo. Fra breve ci occuperemo degli altri astri, seguendo l'ordine logico delle posizioni e delle distanze. Il programma del celeste panorama si disegna da sè medesimo dinanzi a noi. La Luna sarà la prima tappa del nostro lungo viaggio: ci fermeremo alla sua superficie per considerarne la strana struttura, e studiar la sua storia; essa è il globo celeste più vicino a noi, e fa in certo modo, parte del nostro, poichè lo accompagna fedelmente nel suo corso e gravita intorno a noi ad una distanza media di 96 mila leghe. Ci trasporteremo quindi sul Sole, centro della nostra famiglia planetaria, e tenteremo di assistere alle titaniche lotte a cui sono in preda gli elementi dissociati su quell'ardente focolajo, i cui benefici raggi diffondono la vita sopra tutti i mondi.

Ciascun pianeta sarà poscia oggetto di una escursione speciale, incominciando da Mercurio, il più prossimo al centro (1), fino a Nettuno, attual frontiera della repubblica solare. I satelliti, le eclissi, le stelle cadenti, le comete, ci faranno pure sostare alcun tempo affinchè nulla manchi alle cognizioni generali che vogliamo acquistare. Ma non sarà questa ancora che una minima parte del nostro studio; giacchè d'un salto noi ci lanceremo dalle frontiere nettuniche del nostro sistema fino alle regioni delle stelle, ciascuna delle quali è un sole splendente di luce propria, centro probabilmente d'un sistema di pianeti abitati. Qui noi penetreremo davvero nel regno dell'infinito. I Soli

---

(1) L'autore non crede ancora abbastanza accertata l'esistenza del pianeta Vulcano, scoperto da Lescarbault, come si vedrà in appresso, e che circolerebbe fra Mercurio ed il Sole. IL TRAD.

succederanno ai Soli, i sistemi ai sistemi. Non si contano più a migliaja adesso, ma a milioni; quivi le distanze siderali non si misurano più a milioni di leghe, o a miliardi, ma a milioni di milioni, o *trilioni*. Così, per esempio, la stella di prima grandezza Alfa (α) del Centauro trovasi ad 8 trilioni di leghe da noi; Sirio a 39 trilioni; la Stella polare a 100 trilioni; la Capella a 170 trilioni. Ora, bisogna dirlo, questi Soli si annoverano fra i più vicini. Al di là stanno altri universi, che l'occhio penetrante del telescopio incomincia a intravedere negli inaccessibili abissi dell'immensità. Ma l'infinito fugge sempre!...

Daremo più tardi come complemento la descrizione dei grandi istrumenti degli Osservatorî, mediante i quali furon fatte codeste splendide scoperte, e sarà allora opportuno fare una scelta di alcuni più modesti strumenti, dei quali può servirsi il dilettante per lo studio pratico dell'astronomia popolare.

Prima però d'intraprendere questo viaggio meraviglioso, che ci si presenta

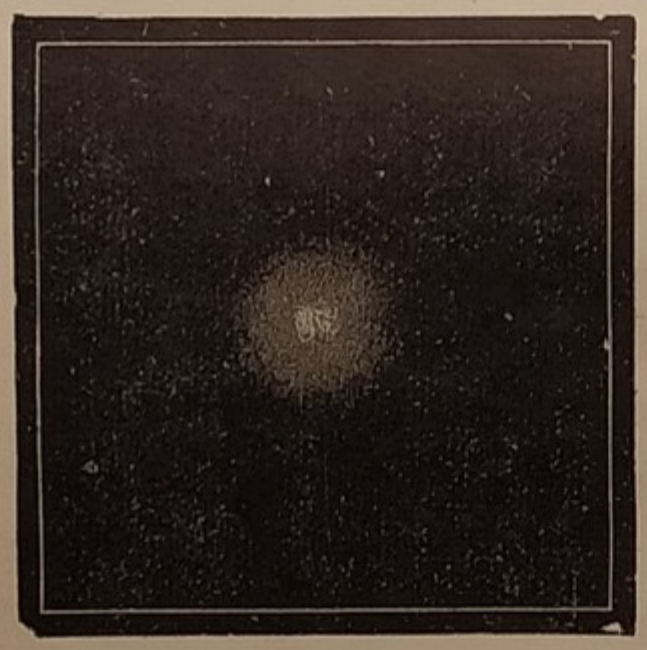


Fig. 38. — Nebulosa.
Condensazione primordiale

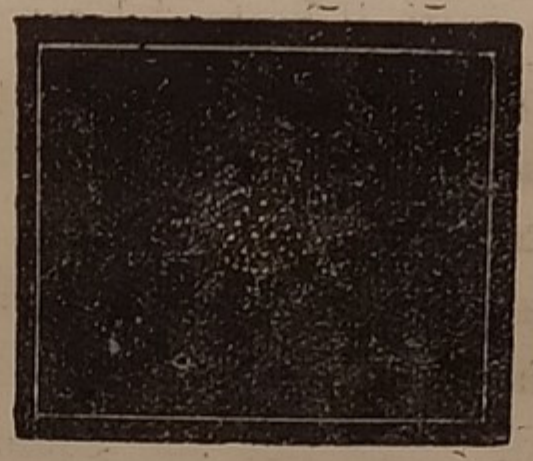


Fig. 39. — Nebulosa.
Tipo di mondo in formazione.

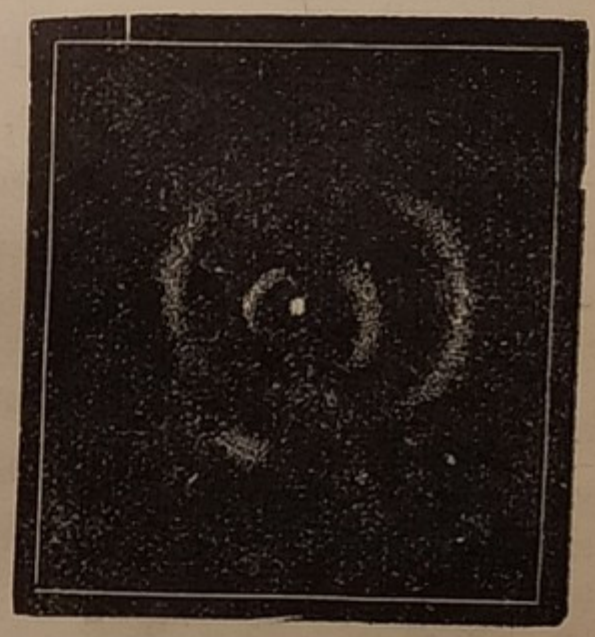


Fig. 40. — Nebulosa
Vestigia di anelli staccati.

fertile di sorprese d'ogni maniera, prima di abbandonar per sempre e di lasciar cadere nella notte dello spazio questa Terra su cui ci troviamo, e che ci serve di osservatorio per studiare l'universo, non sarà cosa priva di importanza il contemplarla ancor per poco dal punto di vista della vita che l'abbellisce, delle condizioni nelle quali apparve codesta vita, dell'origine degli esseri e del pianeta stesso, non che del destino che aspetta noi insieme a tutti gli abitatori di questo mondo.

Questa vita prodigiosa, vegetale, animale ed umana, che pullula su tutta la superficie di questo globo dai poli fino all'equatore, e che anima tanto le profondità oceaniche quanto i rilievi dei continenti, questa vita molteplice e senza tregua rinascente, non è sempre stata tale e quale la vediamo oggigiorno. Essa si è, d'età in età, modificata, trasformata. Le condizioni d'abitabilità mutarono, e con esse cambiarono le specie. Tempo fu in cui nessuna delle specie viventi esisteva alla superficie del globo. Vi fu un'età in cui la

vita stessa non si era sotto nessuna forma e in nessuna guisa manifestata.

La forma stessa del globo terrestre, la sua depressione ai poli, la deposizione dei terreni, la natura minerale de' primitivi strati inferiori, i vulcani che fumano ancora ed eruttano le loro lave infuocate, i terremoti, l'aumento regolare della temperatura in ragione della profondità, tutti questi fatti si uniscono a provare che nei primitivi tempi la Terra era inabitabile e spopolata, e ad attestare la grande probabilità che fosse allo stato di sole caldo, luminoso, incandescente.

D'altra parte, se si considerano il moto revolutorio del nostro pianeta intorno al Sole, e le orbite degli altri pianeti, si nota ch'essi circolano tutti quasi nel piano dell'equatore solare, tutti nel medesimo verso che è precisamente

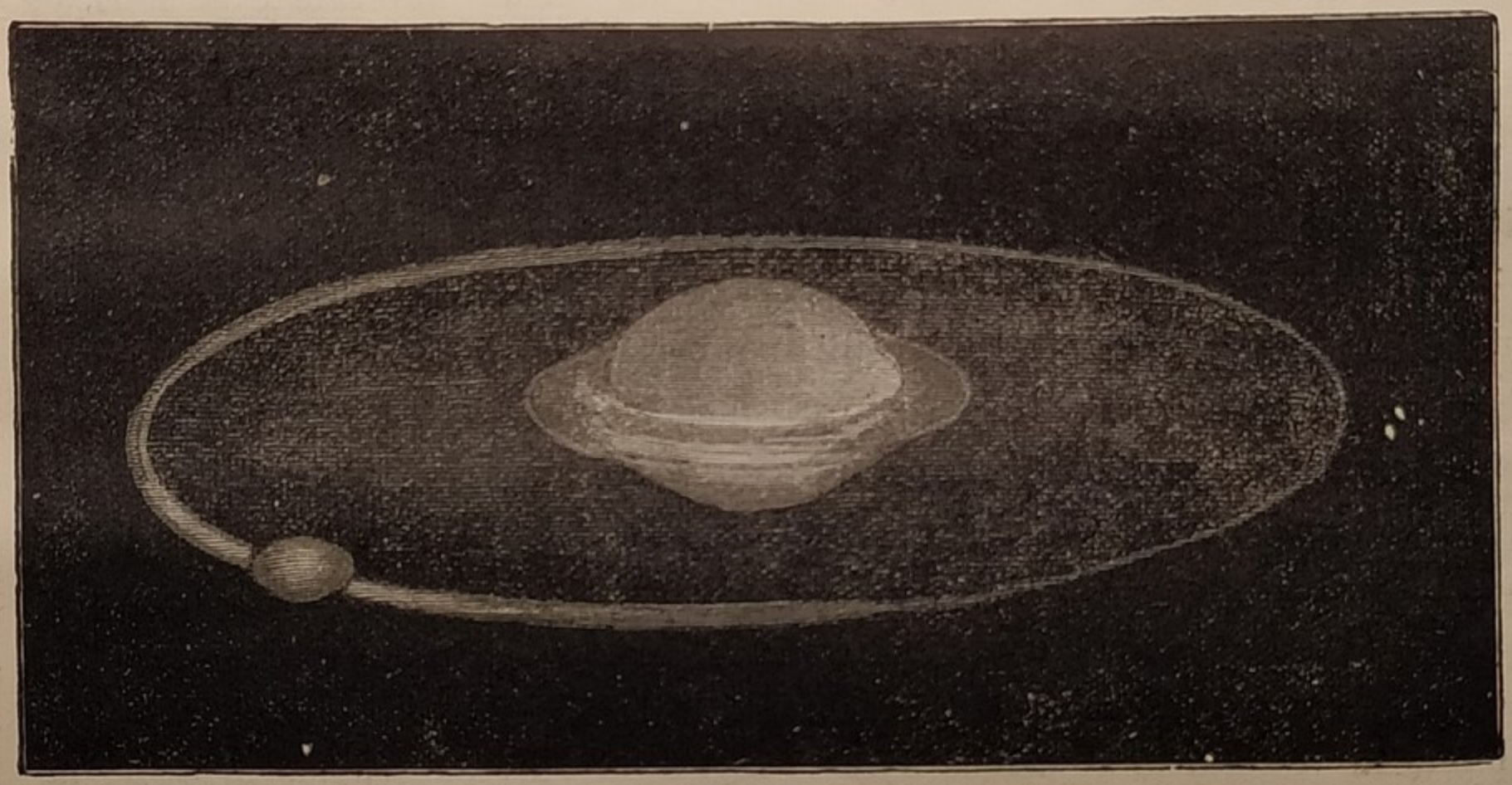


Fig. 41. — Teoria della formazione dei mondi. Nascita della Terra.

quello nel quale il Sole ruota sopra sè stesso. (Alcuni piccoli pianeti si scostano di più da quel piano generale; ma il loro numero e la loro singolare piccolezza mostrano che hanno subìto particolari perturbazioni). È difficile sottrarsi all' impressione che l'origine dei mondi sta collegata in un modo o nell'altro al Sole, intorno a cui essi gravitano, come figli indissolubilmente vincolati al padre loro. Questa impressione aveva già nell'ultimo secolo, colpito Buffon, Kant e Laplace. Essa ci colpisce ancora oggidì colla stessa forza, malgrado certe difficoltà di *dettaglio* che non sono ancora spiegate.

Siccome noi non abbiamo assistito personalmente alla creazione del mondo, la osservazione diretta non può ammettersi in siffatta indagine, e noi non possiamo farcene un'idea che ricorrendo al metodo d'induzione. Ebbene! l'ipotesi più probabile, la teoria più scientifica è quella che ci presenta il Sole come una nebulosa condensata, la quale ad un'epoca remotissima di certo e

sconosciuta, occupava tutta l'estensione dell'attuale sistema solare e anche più formando una immensa ellissoide di gas ruotante lentamente sopra sè medesima, avente la sua circonferenza esterna nella zona segnata dall'orbita di Nettuno... più lontano ancora se, come è probabile, questo pianeta non è il limite effettivo del sistema.

Imaginiamoci pertanto una gigantesca massa aeriforme librata nello spazio. L'attrazione è una forza inerente ad ogni atomo di materia. La regione di questa massa che si troverà più densa attrarrà a poco a poco intorno a sè le altre parti, e nella lenta caduta delle porzioni più lontane verso questa regione dotata di prevalente forza attrattiva, si produrrà un movimento generale, incompletamente diretto verso quel centro e trascinante bentosto tutta la massa in un moto di rotazione comune. La forma naturale è la sferica; è quella di una goccia d'acqua o di mercurio abbandonata a sè stessa.

Le leggi della meccanica dimostrano che, condensandosi o impicciolendosi la nebulosa, il suo moto di rotazione deve essersi accelerato. Ruotando, essa si depresse ai poli e prese la forma di enorme lente o ellisoide gasosa. Potè giungere un momento in cui la rotazione fu abbastanza rapida da sviluppare sull'esterna periferia una forza centrifuga superiore alla attrazione generale della massa, come accade del sasso di una fionda che si faccia roteare; la conseguenza inevitabile di questo eccesso, è una rottura di equilibrio, pel quale staccasi un anello esterno. Questo anello gasoso continuerà a girare nel medesimo tempo e colla stessa velocità; ma la nebulosa madre ne sarà ormai staccata per sempre e continuerà a condensarsi progressivamente e ad accelerare il proprio movimento. Lo stesso fatto si riprodurrà tante volte per quante la velocità di rotazione avrà oltrepassato quel punto, fino al quale la forza centrifuga resta inferiore all'attrazione.

Il telescopio ci mostra nelle profondità del cielo delle nebulose le cui forme corrispondono a siffatte trasformazioni. Tali sono, fra le altre, le tre che qui riproduciamo. La prima (fig. 38) si trova nella costellazione dei Cani da caccia, e dà esempio di una condensazione centrale che comincia a dar origine ad un focolajo solare al centro di una nebulosa sferica o lenticolare; la seconda (fig. 39) trovasi in Acquario, e presenta una sfera circondata da un anello o disco veduto di fianco, richiamando in modo singolare la formazione di un mondo come Saturno; la terza (fig. 40) appartiene alla costellazione di Pegaso, ed è rimarchevole per le zone già staccate dal nucleo centrale, vero sole circondato da spirali gasose. Ne vedremo altre più tardi, non meno rimarchevoli. L'analisi spettrale constata che queste nubolose non sono costituite da stelle ammassate come credevano ancora Arago e Babinet, ma veramente di gas, fra i quali predominano l'azoto e l'idrogeno.

Nel nostro sistema, gli anelli di Saturno sussistono ancora.

La formazione successiva dei pianeti, la loro posizione nel piano dell'equatore solare, e i loro moti di traslazione intorno al medesimo centro, si spiegano colla teoria qui esposta. Il pianeta più lontano che si conosca, Nettuno, si sarebbe staccato dalla nebulosa all'epoca in cui questa si estendeva fino ad esso, cioè fino ad un miliardo di leghe, e girava con una lenta rivoluzione che richiedea per compiersi 165 anni. L'anello originario non avrebbe potuto conservarsi in questo stato, se non nel caso in cui fosse stato perfettamente omogeneo e regolare; ma una condizione siffatta è, per così dire, fuori d'ogni probabilità, e allora esso deve cominciar alla sua volta a condensarsi e ad agglomerarsi in forma di sferoide. Successivamente Urano, Saturno, Giove, il corpo di quei che adesso sono i planetoidi, Marte si sarebbero allo stesso modo staccati. Poi venne la volta della Terra, la cui origine risale all'epoca in cui il Sole estendevasi fino alle nostre plaghe e girava sopra sè stesso in 365 giorni. Venere e Mercurio sarebbero nati più tardi. Darà il Sole ancora nascimento ad un altro mondo? Non è probabile. E bisognerebbe per ciò che il suo moto di rotazione fosse enormemente accelerato, cioè 219 volte più rapido.

La Luna sarebbesi formata alla stessa guisa, a spese dell'equatore terrestre, allorquando la Terra, ancora allo stato di nebulosa, si estendeva fino alla sua orbita e girava sopra sè stessa in 27 giorni e 7 ore.

La densità relativa dei mondi corrobora questa teoria. La Luna, formata, per così dire, delle materie sopranuotanti della nebulosa terrestre, è molto più leggiera della Terra. I pianeti superiori, Nettuno, Urano, Saturno e Giove, sono molto meno densi dei pianeti inferiori, Marte, la Terra, Venere e Mercurio. Oltre a ciò, nella composizione chimica dei varî mondi, e anche in quella delle comete, degli asteroidi e degli aereoliti, si trovano gli stessi materiali di cui è composta la Terra, e che esistono pur anche, allo stato gasoso, nel Sole.

Così s'è formata la Terra per via della lenta condensazione di un anello gasoso staccatosi dal Sole (fig. 41), continuando questo tuttavia a concentrarsi e condensarsi, per dare più tardi nascimento a Venere ed a Mercurio. La nebulosa terrestre ebbe da quell'epoca una esistenza indipendente. Essa giunse con gran lentezza a formare un immenso globo gasoso roteante sopra sè stesso. Per tal modo condensata, riscaldata dagli infiniti urti infinitesimali e incessanti di tutti i materiali che la compongono, la Terra nascente splendette di una fioca luce in mezzo alla fosca notte dello spazio.

Dopo essere stata gasosa, divenne liquida (almeno nella sua regione centrale), poi solida, e senza dubbio continua ancora a raffreddarsi e a contrarsi. Ma la sua massa aumenta di secolo in secolo per gli aereoliti e gli asteroidi che senza tregua piovono su di essa (più di cento miliardi all'anno).

Non è già ad anni nè a secoli che si può valutare il tempo incommensurabile che la natura ha dovuto impiegare nella elaborazione della genesi del sistema del mondo. I milioni sommati ai milioni segnano appena i minuti secondi dell'eterno orologio. Ma il nostro spirito, che abbraccia il tempo non meno che lo spazio, vede i mondi nascere, splendere dapprima di una pallida luce nebulosa, poi brillare come soli, indi raffreddarsi, coprirsi di macchie, poi di una crosta solida, poi li vede soggetti a sconvolgimenti e a cataclismi formidabili per lo sprofondarsi continuamente della crosta nella sottoposta fornace, di poi coprirsi di numerose cicatrici, riassodarsi lentamente raffreddandosi, e ricevendo di poi esteriormente dal Sole il calore e la luce, popolarsi di esseri viventi, e diventare la dimora delle umanità laboriose, le quali alla loro volta ne trasformeranno la superficie; vede infine quei mondi, dopo aver servito di dimora alla vita superiore e al pensiero, perdere lentamente la loro fecondità, sdruscirsi insensibilmente come l'essere vivente stesso, giungere alla vecchiaja, alla decrepitezza, alla morte e ruotare quindinnanzi come sepolcri ambulanti nei silenziosi deserti della notte eterna.

Secolare metamorfosi dei mondi e degli esseri! Quante volte la faccia della Terra non si rinnovellò dall'epoca lontana della sua ardente genesi svolgentesi alle frontiere equatoriali della nebulosa solare! Da quanti secoli gira essa intorno al Sole? Da quanti secoli splende esso stesso, il Sole? Nell'ipotesi che la materia nebulosa fosse originariamente di un'estrema tenuità, si è calcolata la quantità di calore cui potè svolgere la caduta di tutte quelle molecole verso il centro, durante la condensazione che diede origine al sistema solare. Supposto che il calorico specifico della massa condensantesi fosse quello dell'acqua, il calorico di condensazione avrebbe bastato a produrre un inalzamento di temperatura di *28 milioni di gradi centigradi* (Helmholtz e Tyndall). Da lungo tempo si sa che il calorico non è che una forma di movimento (1): è un moto vibratorio infinitesimale degli atomi; si può oggidì convertire a capriccio qualunque moto in calore, e qualunque calore in movimento. Il movimento di condensazione bastò, e anche al di là, per produrre la temperatura attuale del Sole, e la temperatura originaria di tutti i pianeti. Se questo astro splendido continua a condensarsi come è probabile, un condensamento che accorciasse il suo diametro di $\frac{1}{2000}$ della sua dimensione attuale, svilupperebbe una quantità di calore sufficiente a coprire la perdita

---

(1) A molti nostri lettori può forse riuscir nuovo il principio: *il calore è moto e viceversa.* — Tutte le volte che il moto di una massa cessa senza che cessi la causa motrice, il moto perdura, ma si trasforma in un moto molecolare, che si rende sensibile come *calore.* Così un chiodo, cessando di penetrare nel muro sotto l'azione del martello, per l'incontro d'un ostacolo imperforabile, si riscalda fortemente se continua ad essere martellato. — La resistenza che trova una sega nel tagliare un legno, quanto meno efficace rende l'azione muscolare, tanto più scalda il ferro della sega. — Il calore si trasforma in moto: ciò è evidente nelle macchine a vapore. IL TRAD.

Fig. 42. — La Terra era allora popolata da esseri fantastici in continua guerra fra loro in mezzo agli scatenati elementi.

patita per un'emissione di calore continuata 2000 anni. Al grado attuale di emissione, il calor solare, prodotto dal condensamento anteriore della sua massa, durerebbe ancora *venti milioni di anni*. La lunghezza del tempo necessario pel condensamento cui dovette andar soggetta la nebulosa primitiva per giungere a costituire il nostro sistema planetario, è cosa che sfida assolutamente la nostra imaginazione. Non sarebbe una esagerazione il valutarla a miliardi di secoli. Le esperienze di Bischoff sul basalto sembrano provare che, per passare dallo stato liquido allo stato solido, per raffreddarsi da 2000 gradi a 200, il nostro globo ebbe bisogno di 350 milioni di anni. Ed erano già passati chi sa quanti milioni di secoli da che il Sole esisteva! Che cosa è mai tutta la storia dell'umanità a confronto di così fatti periodi? — Un'onda sull'oceano.

Durante migliaja di secoli, il globo terrestre roteò nello spazio allo stato di immenso laboratorio chimico. Un perpetuo diluvio d'acqua bollente cadeva dalle nuvole sopra il suolo rovente, e risaliva in vapore nell'atmosfera per ricadere ancora. Allorchè la temperatura fu discesa al disotto di quella dell'acqua bollente (1), il vapore acqueo condensandosi si fece liquido e precipitò. In mezzo a quelle spaventevoli tormente, a quelle tempeste inenarrabili, la crosta terrestre, rotta e sconnessa mille volte dalle convulsioni dell'interno incendio, vomitava fiamme pe' suoi mille meati e si riassodava; i vulcani sollevavansi coi loro coni sopra il livello delle calde acque dei mari, e apparivano le primissime isole. Le prime combinazioni semifluide del carbonio diedero origine alle prime forme rudimentali della vita, sostanza che appena merita il nome di organica, che non è già più minerale affatto, ma non è però ancora nè vegetale, nè animale. Le piante primitive, le alghe, che galleggiano inerti nel mezzo oceanico, furono un progresso. Gli animali primitivi, i zoofiti, i molluschi elementari, i coralli, le meduse, furono essi pure un progresso. Insensibilmente, di secolo in secolo, il pianeta perdette la sua rozzezza, le condizioni della vita si perfezionarono, gli esseri si moltiplicarono allontanandosi nella forma e nell'organizzazione dal tipo primitivo e acquistando degli organi, dapprima ottusi e rudimentali, poscia più sviluppati e perfezionati.

L'èra primordiale, nella quale la vita nascente non era rappresentata che dalle alghe, dai crostacei e dai vertebrati ancora sprovvisti di testa, pare abbia essa sola abbracciato i 53 centesimi del tempo decorso dall'epoca in cui la Terra è diventata abitabile.

---

(1) Si sa che i punti estremi fissi della scala termometrica, sono:

1.° Temperatura del ghiaccio in fusione. Termometro Réaumur 0°; termometro centigrado 0°; termometro Fahrenheit + 32°.

2.° Temperatura del vapore svolto dall' acqua bollente alla pressione barometrica di 76 cent. Termometro Réaumur 80°; termometro centigrado 100°; termometro Fahrenheit 212°.

Il periodo primario, che succedette, ha per tipo la comparsa della vegetazione carbonifera e del regno dei pesci, e sembra aver durato i seguenti 31 centesimi.

Il periodo secondario, durante il quale dominarono nel mondo vegetale le splendide e gigantesche conifere, mentre nel regno animale primeggiavano gli enormi rettili saurii, durò i 12 centesimi successivi. La Terra allora era popolata di esseri fantastici, in continua guerra tra loro in mezzo agli scatenati elementi (fig. 42).

Ed ecco già, giudicando dalla potenza comparata dei terreni che si sono deposti durante queste successive epoche, i 96 centesimi del tempo decorso, occupati da una natura vivente diversa affatto da quella che oggidì adorna e allieta la superficie del nostro globo, natura relativamente formidabile e grossolana tanto differente da quella che abbiamo ora sotto gli occhî, quanto lo potrebbe essere quella di un altro mondo. Chi mai avrebbe allora osato sollevare il velo misterioso dell'avvenire e prevedere l'ignota epoca futura in cui l'uomo doveva comparire sul pianeta di nuovo trasformato?

Il periodo terziario, nel quale vedonsi comparire soltanto i mammiferi e le specie animali offrenti maggiori o minori rapporti fisici colla specie umana, venne poi a raccogliere l'eredità di quelle ere primitive e a sostituirsi al precedente periodo. La sua durata non conta nemmeno i 3 centesimi della durata totale.

Finalmente, l'èra quaternaria vide sorgere la specie umana e la flora degli alberi da coltura. Non rappresenta neppur 1 centesimo della scala dei tempi.

Siffatte grandiose contemplazioni quanto non allargano le idee che ci formiamo abitualmente sulla natura! Noi ci imaginiamo di risalire ben addietro nel passato contemplando le vecchie piramidi ancor ritte nelle pianure dell'Egitto, gli obelischi fregiati di misteriosi geroglifici, i silenziosi templi dell'Assiria, le vetuste pagode dell'India, e gli idoli del Messico e del Perù, le tradizioni secolari dell'Asia e degli Arii nostri proavi, gli strumenti del tempo dell'età della pietra, le armi di selce, le freccie, le lance, i coltelli, i raschiatoî, le pietre da fionda della nostra primitiva barbarie... osiamo appena parlare di diecimila anni, di ventimila anni! Ma, quando pure noi dessimo centomila anni di età alla nostra specie, che progredisce tanto lentamente, che cosa sarebbe ancora a petto della somma favolosa di secoli che ci precederono nella storia del pianeta!

Accordando solamente centomila anni al periodo quaternario, età della natura attuale, si vede che il periodo terziario avrebbe regnato per trecentomila anni avanti, il secondario per un milione e duecentomila anni e il primario per più di tre milioni, e l'evo primordiale durante più di cinque milioni d'anni. Totale: dieci milioni di anni! E che cosa è ancora questa sto-

Fig. 43. — Sorpresa dal freddo l'ultima famiglia umana è tocca dal dito della Morte, e fra breve le sue ossa saranno sepolte sotto il sudario dei ghiacciai eterni.

ria della vita, paragonata colla storia intera del globo, poichè abbisognarono trecento milioni di anni perchè la Terra si solidificasse coll' abbassamento della sua temperatura esterna fino a 200 gradi? E quanti milioni ancora non bisognerebbe aggiungere per rappresentare il tempo che decorse fra i tempi in cui regnava questa temperatura di 200° e gli attuali in cui una temperatura di 70° è la massima probabile che possa conciliarsi colla possibilità della vita organica!

Lo studio dei mondi ci scopre, nel regno del tempo, degli orizzonti tanto immensi quanto quelli che ci apre nel regno dello spazio. Esso ci fa sentire l'eternità come ci fa sentir l'infinito...

Noi tutti ammiriamo oggi le bellezze della natura terrestre, le verdeggianti colline, le profumate praterie, i boschetti popolati da uccelli canori, le foreste dalle ombre misteriose, i monti coronati da ghiacciaî, l'immensità dei mari, i caldi tramonti del sole fra le nubi frangiate di porpora e d'oro, e le incantevoli aurore che coloran già le vette delle montagne, mentre i primi raggi del mattino a mala pena diradano le grigie vaporosità della pianura. Noi ammiriamo le opere dell'uomo che oggi coronano quelle della natura, gli arditi viadotti lanciati da un monte all' altro, e su cui corre la vaporiera; le navi, maravigliosi edifizî che traversano gli oceani; le città splendide e animate; i palagi e i templi; le biblioteche, musei dello spirito; le arti della scoltura e della pittura, che idealizzano il vero; le ispirazioni musicali, che ci fanno obliare la volgarità delle cose; i lavori del genio intellettuale, che scruta i misteri dei mondi e ci trasporta nell'infinito; e noi gustiamo la vita in mezzo a questo splendore di cui noi stessi facciamo parte integrante. Ma tutta questa bellezza, tutti questi fiori e tutti questi frutti passeranno.

La Terra è nata. Essa morrà.

Essa morrà, sia di vecchiezza, allorchè i suoi elementi vitali saranno consunti, sia per l'estinzione del Sole, a' cui raggi è sospesa la sua vita.

Essa potrebbe anche morire... d'un colpo apopletico... (si prega il lettore di non ridere), per l'urto di un corpo celeste che la incontrasse sul suo cammino; ma questa fine è, di tutte, la meno probabile.

Essa può, diciamo, morir di morte naturale, per effetto del lento assorbimento dei suoi elementi vitali. Infatti, è probabile che l'acqua e l'aria diminuiscano. L'oceano al pari dell'atmosfera sembra aver avuto altre volte una estensione molto maggiore dell'attuale. La crosta terrestre è penetrata dalle acque che, infiltrandosi attraverso ad essa, si combinano chimicamente colle roccie.

È quasi certo che la temperatura interna del globo raggiunge quella di ebollizione dell'acqua, alla profondità di dieci chilometri, ed impedisce all'acqua di scender più basso; ma l' assorbimento continuerà se non cessa il

raffreddamento del globo (1). L'ossigeno, l'azoto e l'acido carbonico, componenti dell' aria atmosferica, subiscono anch' essi, a quanto sembra, un lento assorbimento. Il pensatore può prevedere, attraverso la nebbia dei secoli avvenire, l'epoca ancor molto lontana, in cui la Terra, priva del vapor acqueo atmosferico che la protegge contro il freddo glaciale degli spazî, concentrando intorno ad essa i raggi solari, come in una serra calda, si irrigidirà nel sonno della morte. Dalla vetta dei monti, il lenzuolo delle nevi scenderà sugli altipiani e nelle valli, cacciando innanzi a sè la vita e la civiltà, e coprendo per sempre le città e le nazioni che incontrerà sul suo passaggio. La vita e l'attività umana si ridurranno insensibilmente verso la zona intertropicale. Pietroburgo, Berlino, Londra, Parigi, Vienna, Costantinopoli, Roma, si addormenteranno l' una dopo l'altra sotto il loro eterno sudario. Durante molti secoli, l'umanità equatoriale indarno intraprenderà spedizioni artiche per rintracciar sotto i ghiacci il posto ov'erano Parigi, Lione, Milano, Venezia Firenze. Le spiaggie dei mari saranno mutate e trasformata affatto sarà la carta geografia della Terra. Non si potrà più vivere, non si respirerà più che nella zona equatoriale, fino al giorno in cui l' ultima tribù andrà a stabilirsi, già estenuata dal freddo e dalla fame, sulle rive dell'ultimo mare, ai raggi di un pallido sole, che non rischiarerà ormai quaggiù che un sepolcro ambulante, che continuerà a ruotar silenziosamente intorno ad un focolajo di una luce inutile e di un calore infecondo. Sorpresa dal freddo, l' ultima famiglia umana è stata tocca dal dito della Morte, e fra breve le sue ossa saranno sepolte sotto il sudario dei ghiacci eterni (fig. 43) (2).

Lo storico della natura potrebbe scrivere nell'avvenire: Qui giace tutt'intera l'umanità di un mondo che fu! Qui dormono tutti i sogni dell'ambizione, tutte le conquiste della gloria nell' armi, tutti i trovati del genio finanziario, tutti i sistemi di una scienza imperfetta, ed anche tutti i giuramenti di amori pe-

---

(1) La Luna, nostra vicina, più giovane della Terra, poichè ne è figlia, ma più piccola, più leggiera e più debole, ha già perduto la maggior parte dei suoi liquidi e dei suoi gas, imperocchè gli innumerevoli crateri che ne squarciano il suolo colle loro bocche spalancate, non poterono vomitare i loro visceri infuocati in mezzo alle spasmodiche convulsioni che l' agitavano, se non in un'epoca in cui l' atmosfera lunare doveva essere senza confronto più densa che al dì d' oggi. Forse noi, dalla Terra, assistiamo senza addarcene, all' agonia delle ultime tribù dell' umanità lunare, che lotta contro l' invasione del freddo e della morte. Ah! se questi nostri coinquilini del cielo potessero parlarci telegraficamente e raccontarci la loro storia!

Il pianeta Marte, anteriore alla Terra e più piccolo, sembra anche più avanzato di noi, giacchè i suoi mari non occupano, come i nostri, i tre quarti del globo, e le sue acque trovansi ristrette entro mediterranei lunghi ed angusti. Senza dubbio l' umanità marziale è attualmente giunta al suo apogeo, mentre noi siamo appena usciti dalla infanzia e dallo stato di barbarie.

(2) Questo tristissimo quadro non ci sgomenti. Lo spirito profetico dell' autore allude ad un avvenire lontano milioni di anni. Non è tale angosciosa prospettiva che deve spaventarci, piuttosto ci addolori il pensiero che un siffatto lento raffreddarsi, questo cader in decrepitezza del globo sarà pur accompagnato da un lento e progressivo ricadere dell'umanità nella primiera barbarie; e le ultime famiglie circoscritte entro angusti confini, lottando ancora per la vita colle asprezze del clima e la sterilità del suolo, decadranno allo stato quasi di bruti; ritornerà, per dir così, una seconda ed ultima età della pietra, e così sarà chiuso il ciclo della umanità terrestre.

IL TRAD.

rituri! Qui riposano tutte le beltà della Terra... Ma non una pietra mortuaria additerà il sito ove il povero pianeta avrà esalato l'estremo sospiro.

Ma la Terra avrà forse vita abbastanza lunga per non morire che per la estinzione del Sole. La nostra sorte sarebbe tuttavia ancora la stessa, a dir vero (sarebbe sempre la morte per freddo), solamente sarebbe rimandata a più remota scadenza. Nel primo caso, la natura ci riserba ancora alcuni milioni d'anni d'esistenza: nel secondo, bisogna valutare a milioni di secoli l'èra avvenire... L'umanità sarà trasformata fisicamente e moralmente, molto tempo innanzi di toccare il suo apogeo, molto tempo prima di declinare.

Il Sole si spegnerà. Esso perde incessantemente una parte del proprio calore, giacchè l'energia che consuma nell'irradiazione è, per così dire, inconcepibile. Il calore emesso da questo astro farebbe bollire ogni ora 2900 milioni di miriametri cubi di acqua presa alla temperatura del ghiaccio! Quasi tutto questo calore si perde nello spazio. La quantità che i pianeti ne intercettano e che utilizzano per la propria vita è insignificante rispetto alla quantità che va perduta.

Se il Sole si va ancor attualmente condensando con una celerità sufficiente a compensare una tal perdita, o se la pioggia di asteroidi che deve incessantemente verificarsi alla sua superficie è bastevole per completare la differenza, questro astro non si raffredda ancora; ma, nel caso contrario, il suo periodo di raffreddamento è già incominciato. Quest'ultimo supposto è più probabile, giacchè le macchie che lo cuoprono periodicamente non ponno considerarsi che come un sintomo del raffreddamento. Verrà un giorno in cui queste macchie saranno molto più numerose che adesso, e in cui esse incomincieranno a coprire una parte notevole del disco solare. Di secolo in secolo, l'oscuramento crescerà gradatamente, ma non con regolarità, poichè i frammenti di crosta che copriranno la superficie liquida incandescente, non tarderanno a sprofondarsi, per lasciar posto a nuove formazioni. I secoli futuri vedranno il Sole spegnersi e riaccendersi, infino al giorno in cui il raffreddamento invaderà definitivamente l'intera superficie; allora gli ultimi suoi raggi smorti e intermittenti s'estingueranno per sempre, e l'enorme palla rossa si oscurerà del tutto, per non tornar più mai ad allietare la natura col dolce beneficio della luce. È la fine dei tempi che inspirò per un istante il cantore di Rolla: « Il nulla! il nulla! Vedi la sua immensa ombra che rode il Sole sul suo asse infiammato? L'ombra cresce e s'estende... l'eternità comincia! »

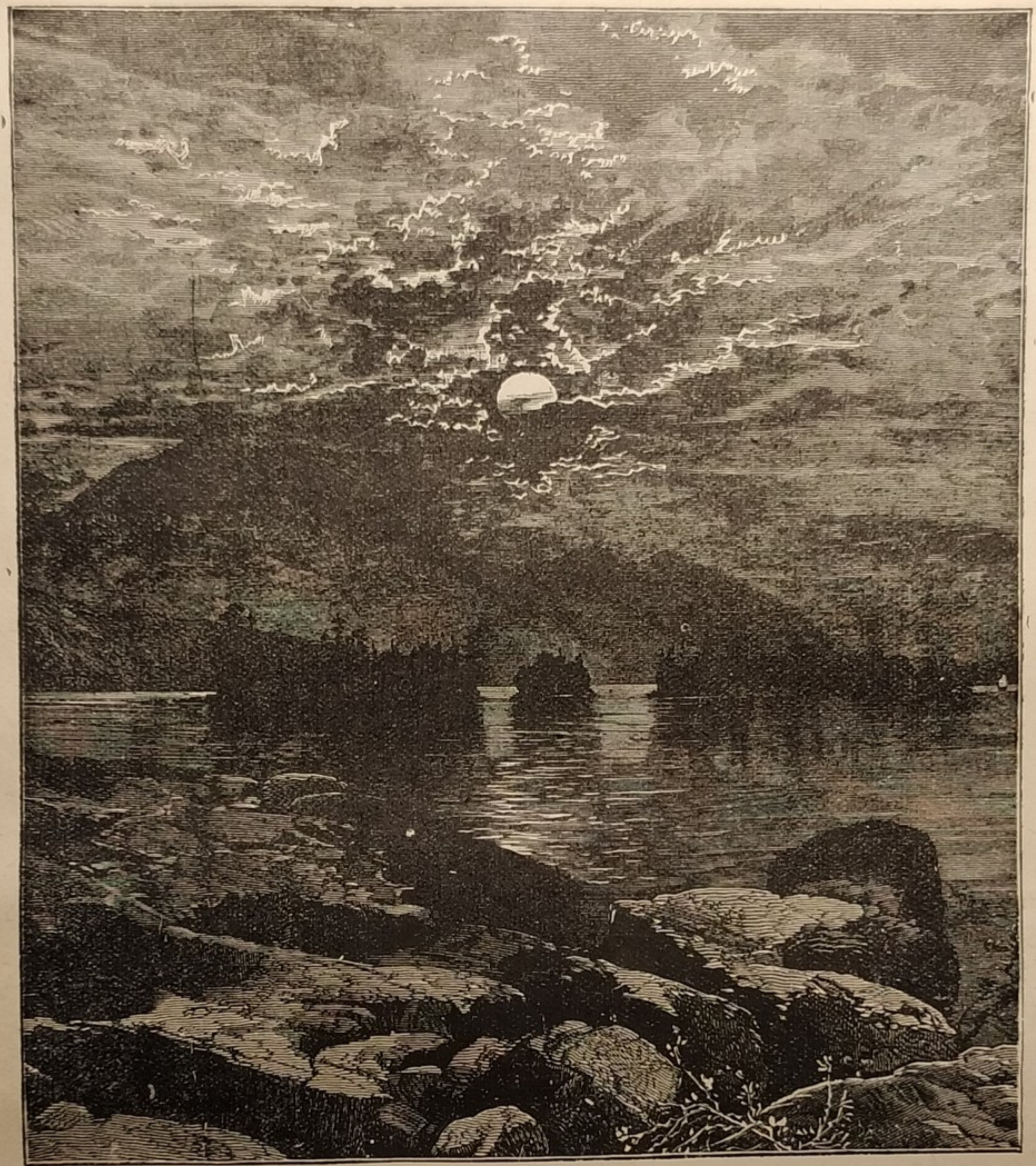
Vedremo assai più innanzi qualmente venticinque stelle, dopo esser apparse splendendo di una luce spasmodica, siano ricadute in uno stato di estinzione prossima alla morte; e come parecchie stelle, già da secoli famigliari ai padri nostri, sparvero dalle carte celesti; il Sole non è che una stella; esso subirà la sorte delle sue sorelle; i soli, al paro dei mondi, non nascono che

per morire, e nell'eternità la loro lunga carriera non avrà durato essa pure che « quanto dura un mattino ».

Allora il Sole, astro oscuro, ma caldo ancora, elettrico, e senza dubbio illuminato dalla incerta luce degli ondeggianti bagliori dell'aurora magnetica, sarà un mondo immenso abitato da strani organismi. Intorno ad esso continueranno a ruotare le tombe planetarie, fino al giorno in cui la repubblica solare sarà tutta per intero cancellata dal libro della vita, e sparirà per lasciar posto ad altri sistemi di mondi, ad altri soli, ed altre terre, ad altre umanità, ad altre anime — nostri successori nella storia universale ed eterna.

Questo è il destino della Terra e di tutti i mondi. Converrà dunque concluderne che, alla fine di tutte queste morti successive, l'universo non sarà più altro, un giorno, che un immenso e oscuro cimitero? No; altrimenti, dopo l'eternità passata, esso lo sarebbe di già. Dio ha dovuto creare fin dal primo istante della sua esistenza, vale a dire ab eterno ed eternamente; e non cesserà mai dal creare mondi e viventi; detto con altre parole, le forze della natura non possono rimaner inattive. Gli astri risusciteranno dalle proprie ceneri. L'incontro degli antichi frammenti fa scaturire nuove fiamme, e la trasformazione del moto in calore riproduce altre nebulose e nuovi mondi. La Morte universale non regnerà mai.

FINE DEL LIBRO PRIMO.



LIBRO SECONDO

LA LUNA

CAPITOLO I.

La Luna, satellite della Terra. — Sua grandezza apparente. Sua distanza. — Come si misurano le distanze celesti.

Il raggio della Luna fu la prima luce astronomica. Esso fu l'alba della scienza, che di secolo in secolo venne poi estendendosi alle stelle, all'universo immenso. Quella dolce e calma luce scioglie il nostro spirito dalle terrene

pastoje, trasportando la fantasia in eteree regioni; poi lo studio degli altri mondi si svolge e s'allarga; le osservazioni si estendono, ed ecco fondata l'astronomia. Non siamo ancora in cielo, ma non siamo più sulla Terra. Il silenzioso astro delle notti è la prima tappa d'un viaggio attraverso l'infinito.

Nell'antichità, gli Arcadi, bramosi di essere considerati siccome il popolo più antico, nulla di meglio avevano trovato, per aggiungere dei nuovi quarti alla loro nobiltà, che di far risalire la loro origine ad un'epoca in cui la Terra non aveva ancora per sua ancella la Luna, e s'era preso per titolo nobiliare il nome di *Proseleni*, vale a dire, *anteriori alla Luna*. Aristotile, accettando codesta favola come fatto storico, racconta qualmente i barbari che originariamente popolavano l'Arcadia, erano stati scacciati, ed il loro paese occupato da altri abitanti prima della comparsa della Luna. Teodoro, più ardito, precisa l'epoca della creazione del nostro satellite: « Fu — egli dice — poco tempo prima delle imprese di Ercole. » Orazio parla pure degli Arcadi nello stesso senso. Il retore Menandro, ponendo in ridicolo la pretensione dei Greci di farsi, per così dire, vecchî quanto il mondo, scriveva nel terzo secolo: « Gli Ateniesi pretendono di esser nati nello stesso tempo del Sole, come gli Arcadi credono di discendere da gente anteriore alla Luna, come gli abitanti di Delfo assicurano di esser venuti al mondo immediatamente dopo il diluvio. » Del resto, gli Arcadi non sono i soli popoli che abbian preteso di esser stati testimonî della comparsa della Luna nel firmamento.

Abbiamo veduto più sopra che la Luna fu generata dalla Terra, e che nacque, già son milioni di anni — o di secoli, a dir meglio — ai confini dell'atmosfera della nebulosa terrestre, quindi molto tempo prima che il nostro pianeta assumesse la forma sferica, si solidificasse e divenisse abitabile; e che, per conseguenza, essa splendeva in cielo da ben lungo tempo, allorchè il primo sguardo umano, attratto dalla sua dolce luce, prese a considerarne il corso attraverso le costellazioni.

La Luna è il corpo celeste più vicino a noi. Essa ci appartiene, per così dire, e ci accompagna nei nostri destini (1). Noi la tocchiamo colle dita (2);

---

(1) Ci ricorda qui i gentili e casti versi dell'Aleardi:

Vedi lassù nel ciel romitamente
La luna andar come una mesta? Ed ella
Da che volò la prima ala del tempo,
Con la terra amoreggia, ecc., ecc.

(*Lettere a Maria.*)

(2) Un'osservazione che ho fatto più volte, contemplando la luna piena, nelle notti affatto serene, quando è scevra del più leggiero alone, è quella dell' impressione ottica della sua vicinanza; essa spicca così nettamente sul fondo stellato del cielo, che, quando è affatto libero di vaporosità, è oscuro anche in vicinanza del disco del satellite, da farci credere, per modo di dire, di poterla toccare colle mani; illusione che non si verifica riguardo al sole, benchè di eguali dimensioni apparenti e molto più splendente, nemmeno quando sorge o tramonta limpidissimo, in tutto il suo fulgore, ai limiti del nostro limpidissimo orizzonte.

IL TRAD.

è, come a dire, una provincia della Terra. La sua distanza non è che di circa trenta volte il diametro del nostro globo, di modo che ventinove terre infilate l'una accanto all'altra formerebbero un ponte capace a congiunger i due mondi. Una distanza così insignificante non merita neppure il qualificativo di astronomica.

Fig. 45. — Mais la frayeur est dans la lune
Où le badaud et l' ignorant
Jugent l'aérostat errant
Une planète peu commune (1783) (1).

Quanti navigatori, quanti viaggiatori, quanti passeggieri non hanno percorso per mare, o in ferrovia, od anche a piedi, un tragitto più lungo di quello che ci separa dalla Luna! Un dispaccio telegrafico vi arriverebbe in pochi

(1) Ma il terrore regna nella Luna, ove il buontempone e l'ignorante pigliano l'aerostato vagante per un pianeta straordinario.

secondi, e se noi potessimo comunicare cogli abitanti di questa provincia, dalla natura medesima annessa alla nostra patria, l'intervallo che ce ne separa sarebbe ancor più presto attraversato da un segnale luminoso. Non è che *la quattrocentesima* parte della distanza che ci separa dal sole, e solamente *la centomilionesima* parte della distanza della stella più prossima... Bisognerebbe ripetere cento milioni di volte a un dipresso il raggio dell'orbita lunare per giungere alle regioni stellari... il nostro satellite è dunque davvero, sotto ogni riguardo, la prima tappa di un viaggio nel cielo.

Al tempo dell'invenzione degli aerostati, nel 1783, allorchè gli uomini gustarono per la prima volta la felicità di poter lanciarsi nelle regioni aeree, la scoperta di Montgolfier aveva spinto le menti ad un tal punto di entusiasmo, che s'imaginavano già dei viaggi dalla Terra alla Luna, e si credeva intravvedere la possibilità di una comunicazione diretta fra i due mondi. In una delle tante e singolari incisioni dell'epoca, che noi qui riproduciamo, si vede un pallone arrivare nella regione della Luna, e nel disco di questa, sotto le montagne, un abbozzo dell'Osservatorio di Parigi con una moltitudine di astronomi improvvisati (fig. 45). La quartina che accompagna il disegno completa l'idea.

Senza negare assolutamente che i progressi delle umane invenzioni possano un giorno permetterci di fare questo viaggio, possiamo però assicurare che non sarà mai possibile di farlo in pallone, perchè l'atmosfera terrestre non si estende guari da qui fino alla Luna. D'altra parte, per quanto vicina, questa nostra provincia non ci tocca, precisamente: la sua distanza effettiva è di 384 000 chilometri.

Chi ci prova, dirà alcuno, che queste cifre siano esatte? Chi ci assicura che gli astronomi non si sbaglino nei loro calcoli? Chi ci garantisce che qualche volta anche essi non la diano a bere grossa al pubblico benevolo? Ecco una prima eccellente objezione, mossa da uno spirito scettico, che teme d'esser tratto in errore. Il dubbio è uno dei principali caratteri dello spirito umano; unito alla curiosità, è la causa più feconda del progresso. Perciò la scienza positiva, lungi dal vietare il dubbio, lo approva e gli risponde. Noi seguiremo pertanto, da questo punto, lo stesso metodo che ci ha guidati trattando del moto della Terra: rispondere alle objezioni, rischiarare i dubbî, provare che le asserzioni della astronomia sono verità dimostrate e incontestabili. Per avventura un certo numero di intelligenze alquanto pigre preferiranno ancora tenersi i loro dubbî piuttosto che far qualche sforzo per convincersi della realtà. Ma questo è affar loro, e la gelosa e tenera conservazione delle loro idee antiquate non impedirà certo al mondo di girare, nè all'umanità di progredire.

Per misurare le distanze, i diametri dell'orbite e degli astri, si fa uso degli

angoli e non già di una misura determinata, come sarebbe per esempio, il metro. Infatti la grandezza apparente di un oggetto dipende da due elementi: la sua dimensione effettiva e la sua distanza. Dire per esempio, che la Luna ci sembra « grande come un piatto » (ciò che ho sovente inteso dire da alcuno degli uditori de' miei corsi popolari), non dà un'idea sufficiente di ciò che si voglia intendere con quelle parole. Si vedono soventi delle persone colpite dallo splendore di una stella cadente o di un bolide, enunciare la loro osservazione col dire che la meteora doveva ben avere un metro di lunghezza sopra un decimetro di larghezza alla testa. Siffatte espressioni non soddisfano per nulla affatto le condizioni del problema.

Quando non si conosce la distanza di un oggetto, e questo è per gli astri il caso generale, non v'ha che un solo mezzo per esprimere la sua grandezza apparente: ed è di misurare l'angolo delle visuali compreso da quell'oggetto. Se poi se ne può misurare la distanza, combinando quest' ultima colla grandezza apparente, si trova la dimensione reale.

La misura di qualunque distanza e di qualsivoglia grandezza è intimamente connessa a quella dell' angolo. Per una data distanza, la grandezza reale corrisponde esattamente all'angolo misurato. Per un angolo dato, la grandezza corrisponde non meno esattamente colla distanza. È facile quindi intendere come la misura degli angoli sia il primo passo della geometria celeste. E in questo caso ha ragione quel vecchio proverbio: egli è soltanto il primo passo che costa. In fatto l'esame di un angolo non ha proprio nulla di poetico o di seducente; tuttavia non si può dire che sia assolutamente sgradevole e fastidioso. Del resto tutti sanno che cosa è un angolo: quella porzione di spazio che sta chiusa fra due rette che s' incontrano, come ce lo mostra la fig. 46: e tutti sanno ancora che la misura di un angolo si esprime in parti di circonferenza. Una retta $O\ x$ (fig. 47) mobile intorno al suo estremo O fisso, può formare colla retta $B\ A$ tanti angoli, partendo da A, come $A\ O\ M$, i quali saranno misurati dalle varie porzioni della semicirconferenza $A\ M\ B$ comprese fra $O\ A$ e la retta $O\ x$. Ma la semicirconferenza $A\ M\ B$ può essere continuata al disotto del diametro $A\ B$, e la retta $O\ x$, partendo da $O\ A$ e passando per le posizioni $O\ M$, $O\ B$, può fare un'intera rivoluzione intorno al centro O; e man mano che essa si allontanerà da $O\ A$, e poi dalla direzione $O\ M$, e poi da $O\ B$ e via dicendo, segnerà angoli sempre maggiori finchè tornerà a cadere in $A\ O$ (e allora l'angolo sarà o *zero* o 360°). L' intera circonferenza fu divisa in 360 parti eguali dette *gradi*. Perciò un angolo i cui lati abbracciano una

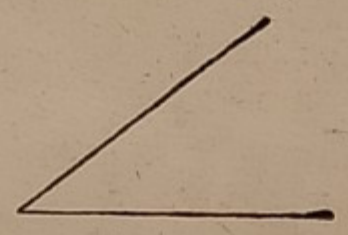


Fig. 46.
Un angolo.

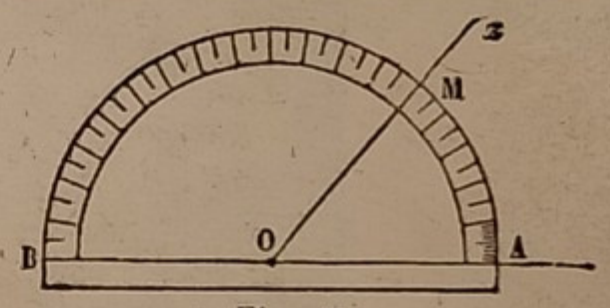


Fig. 47
Misura degli angoli.

semicirconferenza (1) rappresenta, ossia misura 180 gradi; il quarto, ossia un angolo retto, misura 90 gradi; un semiretto vale 45 gradi, ecc. Sul semicerchio *A M B* si sono tracciate delle divisioni di 10 in 10 gradi, e anche, per i primi dieci gradi, partendo da *A*, le suddivisioni dei gradi.

Un grado è dunque, in sostanza, la 360ª parte di una circonferenza (fig. 48). Noi abbiam dunque così una misura indipendente dalla distanza. Sopra un tavolo rotondo di 360 centimetri di contorno, un grado vale un centimetro; sopra una vasca d'acqua circolare di 36 metri di giro, un grado sarebbe un decimetro, e così via discorrendo. — L'angolo non cambia colla distanza, e un grado misurato, sul cielo, o sopra questa pagina, è sempre un grado. — Sic-

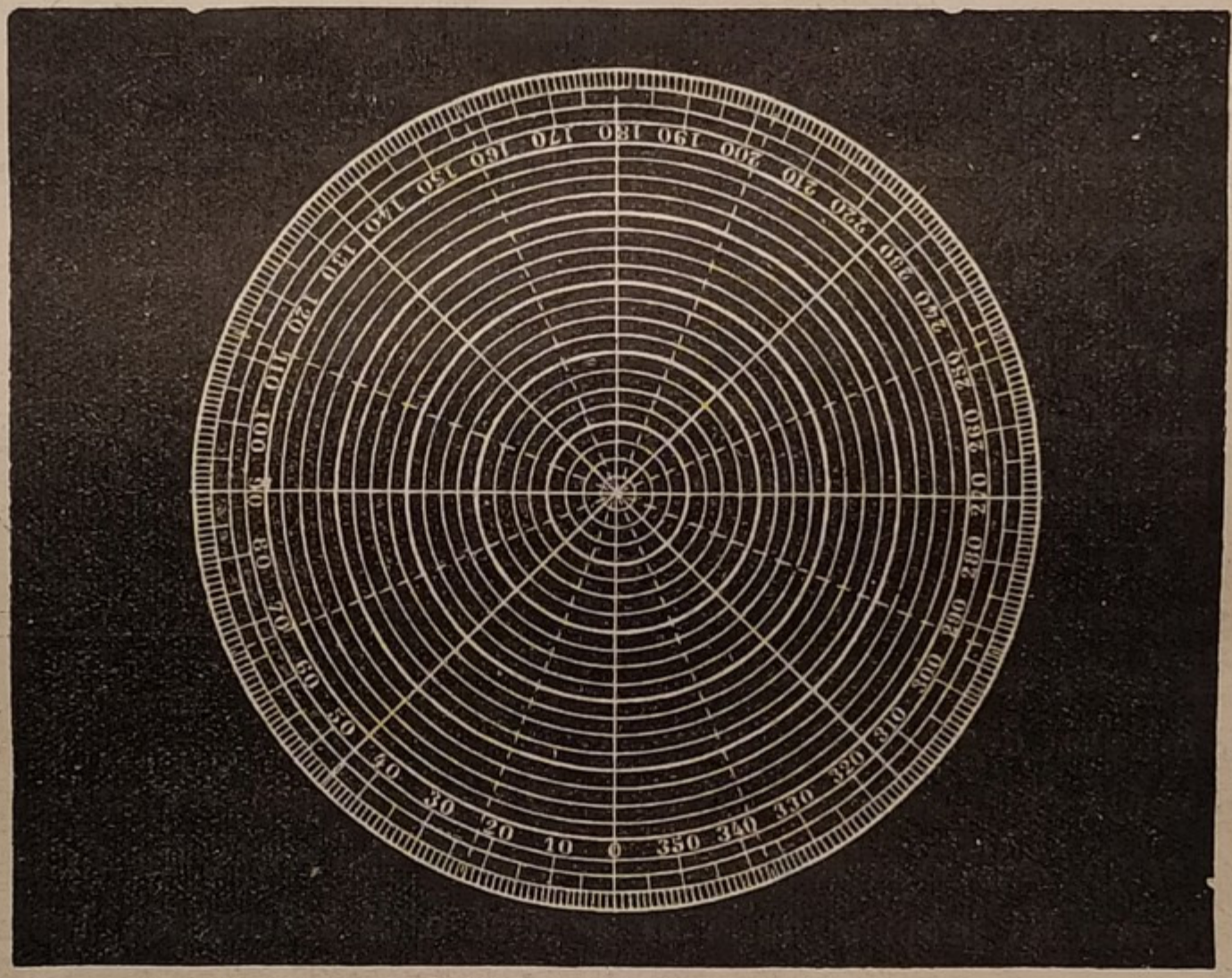


Fig. 48. — Divisione della circonferenza in 360 gradi.

come occorre sovente di dover misurare angoli minori di un grado, si convenne di dividere il grado in 60 parti, alle quali venne dato il nome di *minuti primi*. Ciascuna di queste parti fu ancora suddivisa in altre 60 parti dette *minuti secondi*. Si avverta però che queste denominazioni non hanno nulla a

---

(1) Allorchè due rette non sono parallele, prolungate da qualche parte s'incontrano di certo in un punto che si chiama *vertice* dell'angolo, mentre quelle due rette chiamansi *lati:* lo spazio indefinito compreso fra lati è l'*angolo*. Per quanto prolunghinsi i lati dalla parte da cui divergono, l'inclinazione reciproca di essi non cambia; pertanto la lunghezza dei lati non può dare la misura ossia la *quantità di divergenza* dei medesimi, cioè il valore dell'angolo. — Posta una lettera, per esempio *M*, ad un punto di un lato, un'altra, per esempio *O*, sul vertice, e un'altra, per esempio *A*, sull'altro lato, l'angolo così formato leggasi *M O A*, oppure *A O M*, rimanendo sempre fra le altre due la lettera del vertice. Una retta ruotando intorno ad un suo estremo ha descritto un circolo quando è tornata al suo punto di partenza: ha allora percorso 360 gradi, e nelle sue varie posizioni successive è passata per tutti i raggi di quel circolo: ha descritto quattro volte esattamente *un angolo retto*, il quale vale dunque 360°/4 = 90°. Il valore di un angolo quindi non è altro che il rapporto fra l'arco compreso fra i suoi due lati e tutta la circonferenza che comincia e finisce col lato che si considera immobile.

Il Trad.

che fare colle omonime relative alla divisione del tempo; vuolsi usar avvertenza, perchè siffatta somiglianza di terminologia qualche volta è causa di equivoci (1). Chiedo perdono ai miei lettori (specialmente alle mie lettrici) per esser entrato in questi dettagli alquanto aridi: ma erano non che necessarî, proprio *indispensabili*. Per adoperare un linguaggio è mestieri almeno intenderlo. Siccome l'astronomia consta in massima di misure, bisogna formarsene una nozione chiara e precisa. La cosa non presenta per sè stessa nessuna difficoltà, soltanto ci ha richiesto un momento di seria attenzione.

Un giorno, il tiranno di Siracusa ordinava al celebre Archimede di risparmiargli la noja dei principî matematici di una lezione d'astronomia, la quale benchè promettesse d'aver molta attrattiva, pure cominciava molto seriamente. — « Proseguiamo — riprese Archimede, senza uscire dal tono professorale — continuiamo: qui non v'hanno strade privilegiate pei re. »

Non esistono, in astronomia, strade privilegiate per nessuno, e se si ha a cuore di istruirsi, è indispensabile di ben conoscere anzitutto i principî delle misure geometriche, i quali del resto, sono per sè medesimi abbastanza interessanti. Abbiamo in poche parole imparato che cosa è un angolo. Ebbene: il disco della Luna misura 31′ 24″ (31 minuti, 24 secondi) di diametro, ossia il suo *diametro apparente* è la corda di un arco di 31′ 24″, cioè di poco più di un mezzo grado. Un rosario di 344 lune piene cingerebbe lungo un circolo massimo tutta la sfera celeste (2).

---

(1) Per evitare il citato equivoco adotteremo una diversa scrittura secondo che si tratta di primi e secondi di grado, o di minuti e secondi di ora.

Così 90° 34′ 52″ significheranno 90 gradi, 34 primi e 52 secondi di arco. — 6h, 34m 52s, significheranno 6 ore, 34 primi e 52 secondi di tempo.

Così l'angolo attuale dell'obliquità dell'eclittica è di 23° 27′ 18″. — Sia detto una volta per sempre.

IL TRAD.

(2) Abbiamo detto poco fa, che un grado misurato sul contorno di un tavolo della periferia di 360 centimetri, varrebbe 1 centimetro. La grandezza apparente della Luna oltrepassa dunque di poco quella di un circoletto di $^1/_2$ centimetro di diametro veduto a 57 centimetri dall'occhio (poichè un tavolo che avesse 360 centimetri di giro avrebbe 1,14 di diametro). Ora stando all'apparenza, la valutiamo molto più grande di quel circoletto. Tuttavia, in realtà, essa eguaglia, per prendere un esempio famigliare, un'ostia da lettere di $^1/_2$ centimetro di diametro tenuta a 55 centimetri dall'occhio (press'a poco la lunghezza del braccio) — oppure un'ostia di 1 centimetro veduta alla distanza di m. 1,10 — ovvero anche un globo di 1 metro veduto a 110 metri.

Notiamo qui il fatto che la Luna al suo nascere e al suo tramontare ci sembra enorme e più grossa assai che quando splende nell'alto firmamento. La è questa una curiosissima illusione ottica. Illusione dell'occhio infatti e null'altro; giacchè se si misura il disco lunare all'orizzonte con un canocchiale munito di fili paralleli che si rendono tangenti al disco, si nota che *in realtà essa non appare più grande.* Al contrario, essa sembra più grande allo zenit, e ciò si spiega, giacchè allo zenit essa è un po' più vicina a noi. A qual causa dunque attribuire la predetta illusione? I vapori atmosferici non vi hanno quella parte che loro si attribuiva altre volte, poichè la misura diretta afferma il contrario. — Sembra che due sieno, in questo caso, le cause dell'ingrandimento. La prima è l'aspetto della vòlta apparente del cielo che sembra depressa come quella di un forno, di guisa che l'orizzonte ci pare più lontano che non lo zenit, e che uno stesso angolo ci appare più grande nella regione bassa che nella elevata. Provatevi a dividere per metà l'arco verticale che congiunge lo zenit con un punto dell'orizzonte; voi collocherete sempre il vostro punto troppo basso, e voi calcolerete per 45° un arco che non è che di 30°. L'orsa maggiore ed Orione sembrano giganti all'orizzonte. Un'altra ragione s'aggiunge alla predetta: ed è che vari oggetti, come alberi, case, si frappongono fra la Luna e noi, e ce la fanno parere ancor più lontana, inducendoci a supporla più grande di quegli oggetti, tanto più ch'essa è luminosa, mentre questi nol sono.

Se ora noi vogliam tosto renderci conto dei rapporti che collegano le dimensioni effettive degli oggetti colle loro dimensioni apparenti, ci basterà osservare che un oggetto qualunque ci sembra tanto più piccolo quant'è più lontano, e che alla distanza di 57 volte il suo diametro, un corpo, qualunque siano le sue dimensioni reali, sottende giusto un angolo di un grado. Per esempio un cerchio di un metro di diametro misura appunto 1 grado se lo si guarda alla distanza di 57 metri.

Siccome la Luna misura un po' più di un mezzo grado, si arguisce già da questo semplice fatto, che è lontana da noi qualche cosa di meno di 2×57 volte il suo diametro: circa 110 volte.

Ma questa notazione non ci dice ancor nulla sulla *distanza reale*, nè *sulle dimensioni effettive* dell'astro notturno, se non potessimo misurare direttamente questa distanza.

Fatto degno di nota: questa distanza fu valutata già da *duemila anni* con una rimarchevole approssimazione; ma non venne determinata definitivamente se non verso il mezzo del secolo scorso, nel 1752, da due astronomi che osservarono da due stazioni lontanissime fra loro, uno cioè a Berlino, l'altro al Capo di Buona Speranza. Quei due astronomi erano francesi, Lalande e Lacaille. Consideriamo un istante la fig. 49. La Luna è in alto, la Terra in basso.

L'angolo delle visuali dirette alla Luna sarà tanto più piccolo quanto più grande sarà la sua distanza, e la conoscenza di questo angolo mostrerà *qual diametro apparente presenta la Terra, vista dalla Luna.*

L'angolo sotto cui si vede, stando nella Luna, il semidiametro della Terra, chiamasi *parallasse* della Luna. Ora, fu trovato che una tal parallasse è di 57 minuti. Costruiamo adesso una piccola tavola dei rapporti che corrono fra gli angoli e le distanze.

Un angolo di	1	grado corrisponde ad una distanza di	57
»	$\frac{1}{2}$	» o 30 minuti primi	114
»	$\frac{1}{10}$	» o 6 »	570
»	1	minuto	3438
»	$\frac{1}{2}$	minuto, o 30 secondi	6875
»	20	secondi	10 313
»	10	secondi	28 626
»	1	secondo	206 265

Fig. 49. Distanza esatta della Luna.

Si potrà dunque farsi un'idea della grandezza di un angolo di 1 grado sapendo che essa è quella di un uomo di statura di m. 1,70,

posto alla distanza di 57 volte la sua statura, vale a dire a 97 metri. Un foglio di carta quadrato, di 1 decim. di lato, veduto a m. 5,70 rappresenta pure la grandezza di 1 grado. Un piccolo quadrato di cartone di 1 centim. di lato, veduto a 34 metri di distanza, rappresenta 1 minuto. Una linea di 1 millim. di larghezza, tracciata sopra un piano distante 206 metri, rappresenta la larghezza di un minuto secondo. Prendendo un capello di $\frac{1}{10}$ di millimetro di diametro, e trasportandolo 20 metri lontano, la sua grossezza ci darà ancora la larghezza di un secondo. Un così fatto angolo è dunque di un'estrema piccolezza ed inapprezzabile ad occhio nudo.

La valutazione delle grandezze angolari ci servirà in progresso a calcolare *tutte le distanze siderali*. La parallasse della Luna essendo di 57 minuti (quasi un grado), PROVA che la distanza di questo astro vale 60 $\frac{1}{4}$ semidiametri, o raggi terrestri (60,27). In cifra tonda è *trenta* volte la larghezza della Terra.

Siccome il raggio della Terra è di 6 366 198 metri, quella distanza è dunque di 384 400 chilom. Questo è un fatto tanto certo come siam certi in questo momento di essere vivi.

Abbiamo rappresentato, nella figura qui sopra, la distanza della Luna in scala proporzionale esatta. In questo piccolo disegno la Terra ha un diametro di 6 millimetri, e porta segnato (parallelamente al margine inferiore del foglio) il meridiano che passa per Berlino e pel Capo di Buona Speranza; la Luna, con un diametro eguale ai $\frac{3}{11}$ di quello del nostro globo, vale a dire di millimetri 1,6, fu collocata a 180 millim. dalla Terra, cioè alla distanza di 30 volte il suo diametro. Questa è la *proporzione esatta* ossia il giusto rapporto che passa fra la Terra e la Luna, sia riguardo al volume, come riguardo alla distanza. Questa calcolata così geometricamente, si può affermare essere determinata con una precisione maggiore di quella di cui si va paghi nella misura ordinaria delle distanze terrestri, come sarebbe la lunghezza di una strada o di una ferrovia. Benchè simile affermazione possa parer temeraria agli occhî di molti, non si può contestare che la distanza che separa la Terra dalla Luna in un istante qualunque, è conosciuta con maggior esattezza, che la lunghezza precisa della strada da Parigi a Marsiglia. (Noi potremmo persino aggiungere, senza commenti, che gli astronomi ottengono incomparabilmente maggior precisione nelle loro misure, che i mercanti i più scrupolosi.)

Tentiamo ora di farci un concetto di questa distanza.

Una palla di cannone animata da una velocità costante di 500 metri al secondo (di tempo), impiegherebbe 8 giorni e 5 ore per arrivar nella Luna. Il suono si propaga in ragione di 332 metri al secondo (nell'aria alla temperatura 0°). Se lo spazio che intercede fra noi e la Luna fosse interamente occupato dall'aria, il rumore di una esplosione vulcanica lunare abbastanza potente per essere udita fin qui, non ci giungerebbe che 13 giorni e 20 e

dopo l'esplosione stessa, di guisa che se essa accadesse all'epoca del plenilunio, potremmo essere spettatori del fenomeno all'istante stesso della sua produzione, ma non l'udremmo che verso l'epoca del successivo novilunio. Un treno ferroviario capace di fare il giro del nostro globo con una corsa non interrotta di 27 giorni, arriverebbe alla stazione lunare dopo 38 settimane.

Ma la luce, il cui moto di propagazione è il più rapido che si conosca, passa dalla Luna alla Terra in un secondo e un quarto!

Conosciuta la distanza della Luna ci diventa possibile calcolare il suo volume effettivo, misurando quello apparente. Dacchè il semidiametro della Terra visto dalla Luna misura 57 minuti, e quello della Luna veduto dalla Terra

Fig. 50. — Grandezze comparate della Terra e della Luna.

misura 15′ 42″, i diametri dei due astri stanno fra loro nella stessa proporzione. Facendo un calcolo esatto si trova quindi che il diametro del nostro satellite sta a quello della Terra nel rapporto di 273 a 1000: è un po' più del quarto del diametro del nostro globo, il quale misura 12 732 chilom. Il diametro della Luna sarà dunque di 3484 chilom.; il che dà 10 940 chilom. di circonferenza, 38 milioni di chilom. quadrati di superficie, e 22 150 milioni di chilom. cubici di volume. La superficie di questo piccolo mondo così vicino a noi vale pertanto su per giù il quadruplo di quella del continente europeo, o, in altri termini, eguaglia quello delle due Americhe. V'è abbastanza da appagar l'ambizione di un Carlomagno o di un Napoleone, e si capisce come il grande Alessandro rimpiangesse di non poter estender fin là il suo impero.

Fig. 51. — Una sera, un giovane di 23 anni, Newton, se ne stava meditando...

Per l'astronomo però non è che un giocattolo, una bazzecola. Il volume della Luna è la 49ª parte di quello della Terra (fig. 50). Con 49 Lune adunque si formerebbe un globo della grossezza della Terra. — Ne occorrerebbero 62 milioni per farne un grosso quanto il Sole!

Come si vede, non v'è niente di più semplice, niente di tanto certo come questi fatti in apparenza meravigliosi: *la misura della distanza di un mondo e del suo volume.* Spero che il lettore avrà perfettamente capito questo metodo così logico e così esatto della geometria celeste.

Dunque, ripetiamo, la distanza media della Luna è di 384 400 chilometri.

A questa distanza la Luna gira intorno alla Terra in un periodo di 27 giorni, 7 ore, 43 minuti, 11 secondi, con una velocità media di 1017 metri al secondo.

Lo studio del moto della Luna ci farà conoscere, colla storia stessa della sua scoperta, il principio fondamentale del moto dei corpi celesti e dell'equilibrio del creato. Fu infatti l'esame del nostro satellite che condusse Newton alla scoperta delle leggi dell'attrazione universale.

Una sera, e ciò accadeva due secoli or sono, un giovane di 23 anni se ne stava seduto meditando nell'orto della casa paterna (fig. 51). In mezzo al silenzio della notte, una mela, così vuole la fama, cadde a' suoi piedi. Questo fatto così semplice, che a tutt'altri sarebbe passato inosservato, lo colpì e cattivò la sua attenzione. La Luna in quel momento splendeva. Si pose a riflettere sulla natura di quella forza singolare che attrae i corpi verso la Terra; chiese ingenuamente a sè stesso *perchè la Luna non cadesse*, e riuscì ad una delle più splendide scoperte di cui possa menar vanto lo spirito umano. Quel giovane era Newton! La scoperta sulle cui tracce era stato condotto dal cader di una mela, è la gran legge della gravitazione universale, base principale e fondamento di tutte le nostre teorie astronomiche, diventate cotanto precise.

Ecco le serie dei ragionamenti che conducono a stabilire l'identità della gravità terrestre colla forza che muove gli astri.

La gravità, che fa cadere i corpi in terra, non si manifesta soltanto vicino al suolo, ma opera anche in cima agli edifizî, e anche sulla vetta delle più alte montagne, senza mostrare alcuna sensibile perdita di energia. È naturale il pensare che quell'azione si farebbe sentire del pari anche a distanze maggiori, e se si imagina un corpo trasportato ad una distanza dalla Terra eguale a 60 volte il raggio di questa, vale a dire fino alla Luna, può ben darsi che non scompaja ancora in esso del tutto la tendenza a cader sulla Terra. Siffatta tendenza non sarebbe per avventura la causa stessa che trattiene la Luna nella sua orbita intorno alla Terra? Tale fu il quesito che Newton a tutta prima si pose, e ch'egli giunse tanto felicemente a risolvere.

Galileo aveva analizzato il moto dei corpi nella loro caduta verso la Terra,

aveva riconosciuto che la gravità produce su di essi sempre il medesimo effetto nell'istesso tempo, qualunque sia il loro stato di quiete o di moto. Nella caduta di un corpo che scende verticalmente senza velocità iniziale, essa accresce sempre di una quantità costante, ad ogni secondo, la velocità del corpo, qualunque sia il tempo decorso dal principio della caduta. Se un corpo è lanciato in una direzione qualsivoglia, la gravità lo fa scendere sotto la posizione che occuperebbe ad ogni istante in virtù della sola sua velocità di projezione, precisamente di quel tanto che gli avrebbe fatto percorrere verticalmente, nello stesso tempo, se il corpo fosse stato abbandonato semplicemente a sè stesso e non lanciato.

Un projettile lanciato orizzontalmente si muoverebbe indefinitamente in linea retta e con velocità costante, se la Terra non l'attraesse; in forza del peso, esso si abbassa a poco a poco sotto la retta secondo la quale fu spinto, e la quantità di cui cade così successivamente sotto quella linea è precisamente eguale a quella di cui sarebbe nello stesso tempo caduto lungo la verticale, se al suo punto di partenza lo si fosse lasciato cadere senza dargli nessun impulso. Prolungate la direzione del moto impresso inizialmente al projettile, fino ad incontrare il muro verticale d'un bersaglio; poi misurate la distanza fra questo punto e quello in cui il muro fu realmente percosso dal projetto; voi avrete precisamente la misura dello spazio che la palla avrebbe percorso verticalmente cadendo senza velocità iniziale, durante il tempo che ha impiegato ad arrivare al muro dal punto ond'è partita.

Queste semplicissime nozioni si applicano direttamente alla Luna. Essa, ad ogni istante del suo moto intorno alla Terra, può paragonarsi ad un projettile lanciato orizzontalmente (intendasi, in realtà, nel piano della sua orbita). Invece di continuare indefinitamente a muoversi sulla linea retta nella quale trovasi, per così dire, lanciata, essa si abbassa insensibilmente per avvicinarsi alla Terra, ciò che fa descrivendo un arco della sua orbita quasi circolare. Essa cade adunque ad ogni istante verso di noi, e la quantità di cui per tal guisa cade in un tempo dato, si ottiene facilmente, come nel caso del projettile, mercè il confronto dell'arco percorso durante lo stesso intervallo, sulla tangente al primo punto di quell'arco (1), se il suo moto non avesse patito alterazione di sorta.

---

(1) A facilitare l'intelligenza di alcuni fatti meccanici qui enunciati, può essere opportuno il darne succintamente la dimostrazione. — Più indietro si accenna ad una legge che riguarda il *moto uniforme accelerato*, che è quello appunto di un *corpo cadente*. Un moto siffatto, rettilineo, è sempre prodotto da una *forza continua*, tale cioè che ripete sul mobile le sue spinte ad intervalli di tempo tanto brevi, tanto piccoli da non potersene imaginare di più piccoli ancora: così vuolsi dire e supporre per comodità di calcolo; ma in realtà la spinta è *incessante*. Or che ne deriva? che essendo le spinte successive, ad intervalli di tempo uguali, tutte d'eguale energia, la velocità impressa al corpo dalla prima spinta viene sempre aumentata uniformemente per ciascun impulso, sicchè la velocità deve aumentare sempre regolarmente; questa *accelerazione* di moto, è il doppio dello spazio percorso nel primo momento della caduta ed è eguale, in cifra tonda, a 9,80. Di guisa che se, dò soltanto un esempio, il corpo cadendo percorre nel primo secondo metri 1, ne

Ecco in che modo si effettua il calcolo della quantità di cui la Luna cade verso la Terra nell'intervallo di un secondo di tempo:

La Terra è sferica, ricordiamolo, e lo sviluppo della circonferenza di uno de' suoi circoli massimi (meridiano od equatore) è di 40 milioni di metri; l'orbita della Luna, pertanto tracciata con un'apertura di compasso eguale a 60 volte il raggio della Terra, avrà uno sviluppo di 60 volte 40 milioni di metri, o 2400 milioni di metri.

Ora la Luna impiega a percorrere l'orbita $27^g\ 7^h\ 43^m\ 11^s$, che fanno 2 360 591 secondi. Dividendo 2 400 000 000 di metri per questo numero, si trova che la Luna percorre in ogni secondo 1017 metri, poco più, cioè, di un chilometro.

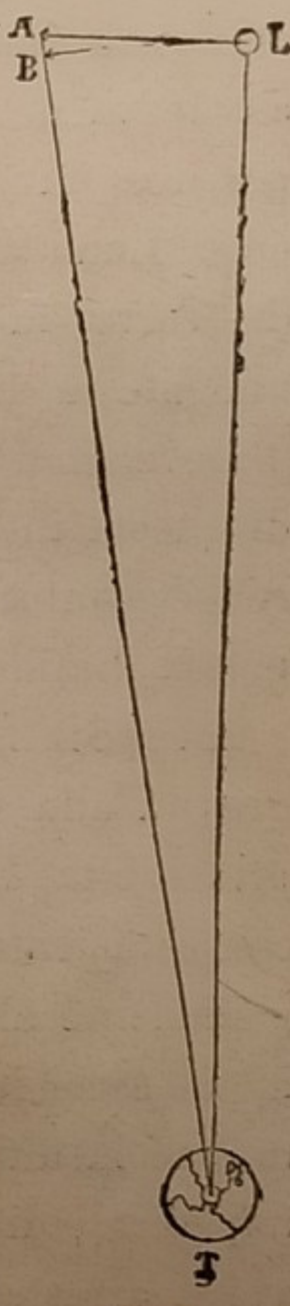


Fig. 52. Spiegazione del moto della Luna.

Per dedurre da tutto ciò la quantità della caduta della Luna verso la Terra in un secondo, supponiamo ch'essa trovisi nel punto L (fig. 52), ad un istante dato, e la Terra si trovi in T. La Luna lanciata orizzontalmente da destra verso sinistra dovrebbe percorrere la retta $L\ A$ se la Terra non agisse sopra di essa; ma, invece di percorrere quella piccola tangente, descrive l'arco $L\ B$. Supponiamo che questo arco misuri in lunghezza 1017 metri; sarebbe il cammino fatto in 1^s. Ora, se si misura la distanza che intercede fra i punti A e B, si trova la quantità di cui la Luna si è avvicinata alla Terra in 1^s, poichè, senza l'attrazione terrestre, essa sarebbesene allontanata in linea retta ($L\ A$). Questa quantità è di 1^{mm} 353, cioè ad un dipresso di $1^{mm}.\ \frac{1}{3}$.

Ebbene, se si potesse sollevare una pietra all'altezza della Luna, e di là lasciarla cadere, essa cadrebbe sulla Terra precisamente colla stessa velocità di $1^{mm}.\ \frac{1}{3}$ nel primo secondo di caduta. L'energia della gravità decresce allontanandosi dal centro della Terra, in ragione del quadrato della distanza, vale a dire della distanza moltiplicata per sè stessa. Pertanto, mentre alla superficie del globo una pietra che cade percorre m. 4,90 nel primo secondo, alla distanza della Luna, che è di 60 raggi terrestri, cadrebbe colla velocità dovuta ad una attrazione diminuita di 60×60 o 3600. Ora $\frac{\text{m. } 4{,}90}{3600} = 1^{mm}$ 353, vale a dire appunto la quantità di cui la Luna si

---

successivo percorrerà metri 3, nel terzo percorrerà metri 5, e così via dicendo; ne segue che quel corpo in 2 secondi percorre metri 4, in 3 secondi percorre metri 9... cioè spazi che sono rispettivamente i quadrati dei tempi corrispondenti di caduta.

Ognuno sa che facendo ruotare un sasso tenuto per uno spago, questo si tende e la mano deve esercitare ben anco un certo sforzo per trattenerlo, di guisa che se lo abbandoniamo, sasso e spago fuggono via; qual forza li spinge? la forza centrifuga che si sviluppa durante la rotazione; ma se il sasso abbandonato parte, non è già nella direzione della fune che lo tiene, ma proprio invece perpendicolarmente, che equivale a dire in direzione tangente al circolo che descriveva. IL TRAD.

scosta, in ogni secondo, dalla linea retta. Perchè la Luna non continua la sua caduta fino alla Terra? Perchè è lanciata nello spazio come un projettile. Qualunque altro corpo, di qualunque forma e natura, lanciato colla stessa velocità, a quella distanza dalla Terra, si comporterebbe esattamente come la Luna. La velocità del suo movimento (più di un chilometro al secondo) sviluppa, come una pietra in una fionda, una forza centrifuga il cui effetto è di allontanarla da noi, *precisamente della stessa quantità* di cui tende ad avvicinarsi a motivo dell'attrazione, il che ha per risultato di mantenerla sempre alla medesima distanza!

La celerità del moto della Luna intorno alla Terra deriva dalla stessa forza attrattiva del nostro pianeta. Paragonando la Terra ad una mano che tenga per una fune la Luna, e la faccia roteare, è facile capire come la velocità della Luna debba dipendere dalla maggiore o minor forza con cui la mano (la Terra) fa girare la fune. La velocità del moto della Luna dà quindi esattamente la misura della forza attrattiva della Terra.

Deve dirsi lo stesso del Sole relativamente alla Terra, e del moto annuo di questa intorno ad esso. Se il Sole crescesse di peso, i pianeti gli ruoterebbero intorno più presto e l'anno terrestre sarebbe meno lungo. Se la sua massa diminuisse, avverrebbe l'opposto.

All'epoca in cui Newton cercò di istituire codesto confronto fra la forza di gravità alla superficie della Terra, e quella che trattiene la Luna nella propria orbita, la lunghezza del diametro terrestre non era ancora conosciuta con sufficiente esattezza. Il risultato pertanto non potè corrispondere completamente alla sua aspettativa; trovò che la quantità di cui la Luna cade, in un secondo, verso la Terra, era un po' meno di $\frac{1}{20}$ di pollice; ma quantunque la differenza non fosse molto grande, gli parve tuttavia sufficiente ad impedirgli di concludere l'identità che sperava di trovare. La causa che lo aveva arrestato in questa circostanza non fu spiegata che sedici anni più tardi. Nel corso dell'anno 1682, assistendo ad una seduta della Società reale di Londra, vi udì parlare della nuova misura della Terra fatta dall'astronomo, francese Picard; si procurò i risultati a cui era giunto il predetto astronomo, tornò subito a casa, e ripigliando il calcolo che aveva tentato sedici anni prima, si accinse a rifarlo con quei nuovi dati. Ma, siccome col progredire del calcolo, l'effetto più vantaggioso delle nuove cifre si faceva sentire, e l'accostarsi dei risultati allo scopo bramato diventava sempre più evidente, ne fu tanto commosso, da non poter proseguire nel calcolo, e pregò un suo amico di ultimarlo.

E invero, il successo del confronto che Newton tentava di stabilire, era ormai completo e non lasciava più alcun dubbio che la forza che trattiene la Luna nella propria orbita non fosse realmente quella stessa che fa cadere

i corpi alla superficie della Terra, diminuita d'intensità nell'indicato rapporto del quadrato delle distanze.

Newton, d'altra parte, aveva trovato mercè taluni metodi di calcolo di sua invenzione, qualmente, sotto l'impero di una siffatta forza diretta verso il Sole, ogni pianeta doveva descrivere un'ellisse avente un foco nel centro stesso del Sole; e questo risultato concordava pienamente con una delle leggi del moto planetario stabilite da Keplero dietro una lunga serie di osservazioni. Era dunque autorizzato a dire che i pianeti pesano, ossia gravitano verso il Sole, come i satelliti pesano e gravitano verso i pianeti da cui dipendono; e che il peso dei corpi sulla Terra non è che un caso particolare della gravitazione, rivelata negli spazî celesti dal moto di rivoluzione dei pianeti intorno al Sole e dei satelliti intorno ai pianeti.

Ciò posto e provato, nulla di più naturale allora, che di generalizzare quell'idea dicendo, che i varî corpi materiali sparsi nello spazio pesano ossia gravitano gli uni verso gli altri, secondo quella bella legge che ha preso posto nella scienza sotto il nome di *attrazione* o *gravitazione universale.*

I progressi dell'astronomia hanno dimostrato in modo assoluto l'universalità di questa forza (di cui del resto ignoriamo la causa e la intima essenza). Si enuncia con la seguente formola che importa ricordarsi:

La materia attrae la materia, in ragione diretta delle masse e in ragione inversa del quadrato delle distanze.

Daremo più tardi maggior sviluppo alla notizia di queste leggi, al capitolo del moto dei pianeti intorno al Sole (Libro III, cap. I).

Così fu scoperto l'enigma dei moti celesti. Ognora preoccupato delle sue profonde ricerche, il gran Newton era, nelle cose comuni della vita, di una distrazione che divenne proverbiale... Si narra che un giorno, cercando di determinare il numero di secondi richiesto per la cottura di un uovo, s'accorse dopo un minuto di attesa che aveva l'uovo in mano e che aveva invece messo a cuocere il suo orologio a secondi, giojello di pregio per la sua matematica esattezza!

Questa distrazione ci rammenta quella del matematico Ampère, il quale un giorno recandosi alla sua lezione, notò sul suo cammino una pietruzza, la raccolse e ne esaminò con ammirazione le varie tinte. A un tratto si rammenta della lezione che deve fare; si cava di tasca l'orologio, e accorgendosi che l'ora si avvicina, raddoppia precipitosamente il passo, ripone premurosamente il sassolino in tasca, e getta l'orologio nella Senna (1).

---

(1) Ampère era del resto, di una distrazione veramente singolare. Alla scuola Politecnica, quando aveva terminato una dimostrazione sulla lavagna, « non mancava mai — racconta Arago — di pulire la tavola col suo fazzoletto e di mettersi invece in tasca il tradizionale strofinaccio, dopo essersene, ben inteso, servito per l'uso proprio dell'altro ». Fu visto un giorno scambiare un fondo esterno di un fiacre per una lavagna,

Ma non spingiamo qui noi stessi la distrazione fino a dimenticare il soggetto del nostro capitolo. La Luna, dicevamo, gira intorno alla Terra in una rivoluzione la cui durata è di 27 giorni, 7 ore, 43 minuti, 11 secondi, con una velocità alquanto maggiore di un chilometro al secondo (sessanta chilometri al minuto), e che sviluppa una forza centrifuga tendente ad allontanar la Luna ad ogni istante, appunto della quantità di cui l'attrazione del nostro globo tende ad avvicinarla, di guisa che, in ultima analisi, essa rimane sospesa nello spazio sempre alla stessa distanza media. L'orbita che essa descrive misura circa 600 000 leghe di sviluppo.

Se la Luna potesse venir arrestata nel suo cammino, la forza centrifuga verrebbe meno, ed essa obbedirebbe quindi soltanto all'attrazione della Terra e vi cadrebbe secondo il calcolo da me fatto, in 4 giorni, 19 ore, 54 minuti, 57 secondi, ossia 417 297 secondi. Lasciamo indovinare ai nostri lettori qual genere di sorpresa sarebbe per gli abitanti della Terra una caduta così formidabile.

Intanto che la Luna gira intorno alla Terra, questa gira intorno al Sole. Nell'intervallo di 27 giorni, essa compie dunque $\frac{1}{15}$ circa della sua rivoluzione annua. Questa traslazione della Terra, che trascina con sè la Luna nel suo corso, è cagione che il periodo delle fasi lunari, o della *lunazione*, sia più lungo di quello della rivoluzione effettiva del nostro satellite.

La Luna è un globo oscuro, al pari della Terra, privo di luce propria, e non è visibile nello spazio se non perchè illuminata dal Sole. Questo naturalmente non ne rischiara mai che una metà nè più nè meno. Le fasi variano a seconda della posizione della Luna relativamente al Sole ed a noi

---

tracciarvi col gesso le cifre di un calcolo e accompagnare la tavola ambulante per un buon quarto d' ora senza mostrare di accorgersi che la carrozza andava.

Un mattino aveva scritto sulla sua porta di casa, per evitare visite importune: « Il signor Ampère è uscito. » Poi era partito dimenticando il suo ombrello. Siccome poi cominciava a piovere, tornò indietro; ma le parole che aveva scritto sulla porta lo arrestarono, e dopo aver replicatamente tirato il campanello, ripartì sotto la pioggia senza pensare che aveva in tasca la chiave di casa propria.

Un altro scienziato, il Padre Beccaria, perseguitato dal ricordo di una ricerca di elettricità, un giorno, dicendo messa, lasciatasi trascinar l'imaginazione da quel pensiero fisso, invece di cantare *Dominus vobiscum*, gridò con tutta la forza della sua voce potente: *L'esperienza è fatta*. Questa distrazione cagionò l' interdizione dell' illustre fisico.

Giacchè stiamo parlando di distrazioni, se ne cita una del signor Laborde, che non è meno singolare. Assisteva alla messa di matrimonio di una delle sue nipoti, e siccome, finita la cerimonia, tutti s' avviarono per uscire di chiesa, disse ad un suo vicino col quale camminava: « Andate fino al cimitero? »

Eccone una ancora che passa ogni confine:

« Madama di Gordan — scrive la principessa Palatina nelle sue *Memorie* — era sempre immersa nelle sue fantasticherie. Una volta trovandosi a letto, dopo aver scritto una lettera, credendo di sigillarla, liquefossi la ceralacca sulla coscia, e si fece un'orribile scottatura. — Ella aveva l'abitudine di sputare intorno a sè senza badar dove. Un giorno sputò in bocca alla mia fantesca che in quel momento sbadigliava: credo che ella l'avrebbe percossa, se non mi fossi interposta, tanto ella era adirata. » La stessa signora che racconta questo aneddoto pativa anch'ella di una strana distrazione: « non poteva mai parlare ad un signore della Corte, senza prenderlo per i bottoni dell' abito, tanto che finiva a poco a poco collo sbottonarlo totalmente ».

Ma certe distrazioni non sono scusabili che in persone come i Newton e gli Ampère.

medesimi. Allorchè la Luna si trova fra noi e il Sole, il suo emisfero illuminato essendo evidentemente rivolto all'astro luminoso, non lo possiamo vedere: è l'epoca della luna nuova. Allorchè essa si trova alla destra o alla sinistra di noi, mentre il Sole ci sta in faccia, noi vediamo una metà dell'emisfero rischiarato: è l'epoca dei quarti. Allorchè infine passa dietro di noi relativamente al Sole, ci presenta tutto il suo emisfero illuminato; abbiamo luna piena. Per renderci conto della differenza di durata fra il periodo delle

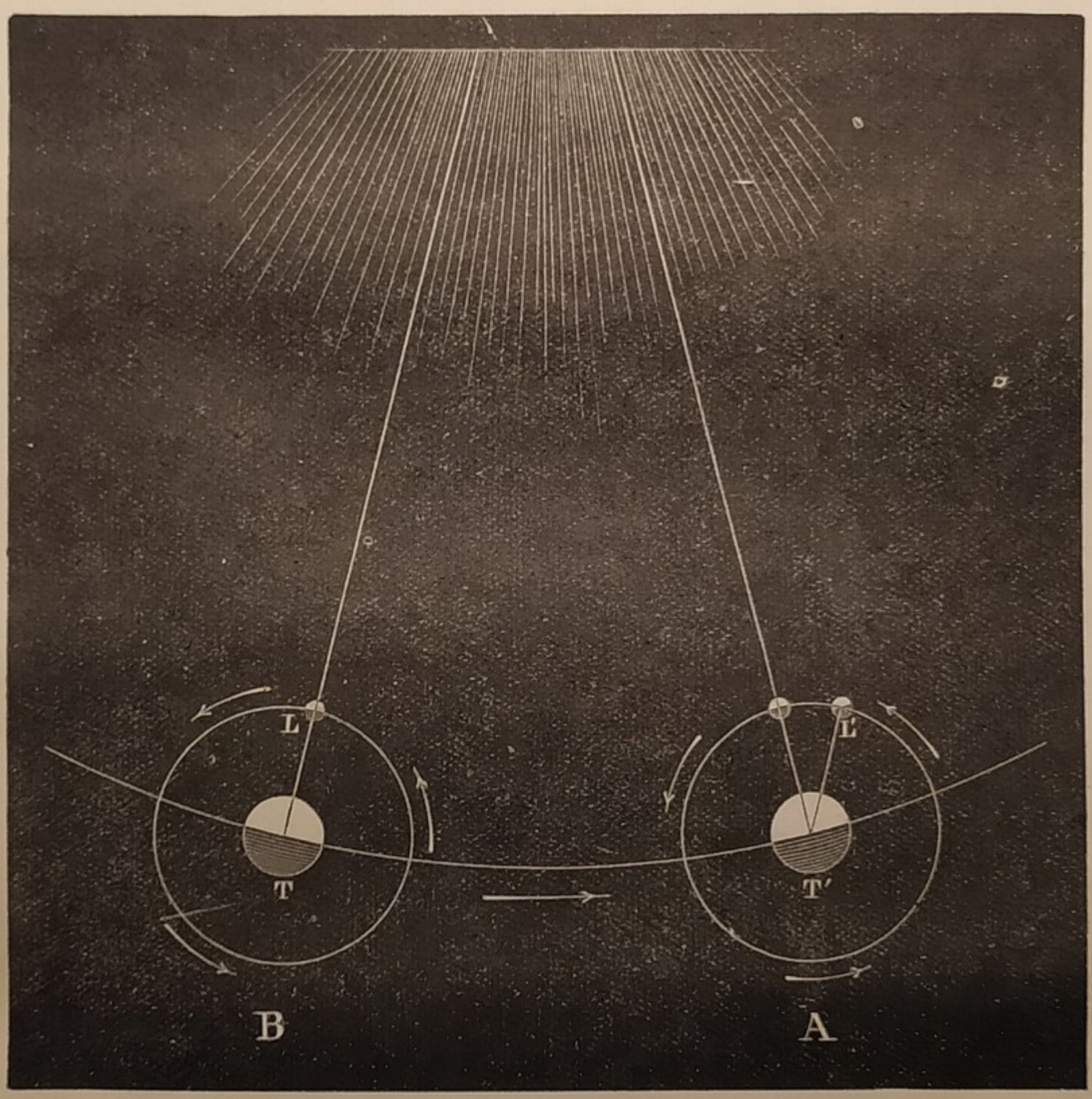


Fig. 53. — Differenza fra la durata del moto della Luna intorno alla Terra, e quella della lunazione.

fasi e la rivoluzione della Luna (ed è una differenza qualche volta non troppo facile a intendersi pei principianti), consideriamo il nostro satellite al momento del novilunio.

In questa posizione, noi possiamo rappresentarci la Terra, la Luna e il Sole disposti lungo una stessa retta. Sia, per esempio, tal disposizione quella rappresentata dalla configurazione *A* della fig. 53. La Luna si trova appunto fra la Terra e il Sole, all'istante del novilunio; intanto che essa gira intorno a noi nel verso della freccia, l'intero sistema della Terra e della Luna si

trasporta da sinistra a destra, e allorchè il nostro satellite ha compiuto una rivoluzione esatta, in capo a 27 giorni, la Terra e la Luna trovansi rispettivamente nelle posizioni T' L', in modo che le due rette T L e T' L' sono parallele. Se una stella, per esempio, si fosse trovata sulla direzione della prima retta, essa si troverebbe di nuovo sulla direzione della seconda. Ma perchè la Luna ritorni proprio dinanzi al Sole (come lo era nella posizione precedente), è mestieri ch' essa cammini ancora 2 giorni e 5 ore circa (più esattamente per $2^g\ 5^h\ 0^m\ 52^s$). Il Sole si è trasportato verso sinistra in conseguenza della prospettiva della nostra traslazione. Ne risulta che la durata della lunazione, ossia del ritorno del novilunio, è di 29 giorni, 12 ore, 44 minuti e 3 secondi. Quest'è quello che si chiama rivoluzione *sinodica* della Luna. La rivoluzione reale dicesi rivoluzione *siderea*. V'ha fra esse, come si vede, una differenza analoga a quella che abbiam riscontrato fra la durata della rotazione della Terra e la durata del giorno solare.

Il moto proprio della Luna, dall' ovest all' est, e la successione delle fasi, possono considerarsi come i fatti più antichi dell'osservazione celeste e come la prima base della misura del tempo e del calendario.

CAPITOLO II.

Le fasi della Luna. — La settimana.

I nostri padri vivevano in più intima comunicazione che noi colla natura. Non avevano nè la vita artificiale, nè l'ipocrisia, nè le sollecitudini della vita moderna. Ed essi poterono porre le prime basi delle scienze dietro l'osservazione diretta dei fenomeni naturali. Se l'astronomia è la più antica delle scienze, l'osservazione della Luna è la più antica di tutte le osservazioni astronomiche, perchè fu la più semplice, la più facile e la più utile. Il solitario globo della Luna versa la sua dolce e calma luce, che scende come una rugiada luminosa in mezzo al silenzio e al raccoglimento della natura. La successione delle sue fasi somministrò ai pastori, al paro che ai viaggiatori, la prima misura del tempo, dopo quella del giorno e della notte, dovuta alla rotazione diurna del nostro pianeta. La falce lunare, nella sua melanconica splendidezza, dà alla natura un calendario pastorale (fig. 54).

Nel corso di circa un mese la nostra compagna fa il giro intero del cielo, in verso contrario al moto diurno; e mentre pare che essa sorga e tramonti come tutti gli altri astri avanzandosi da oriente ad occidente, essa ritarda ogni giorno di tre quarti d'ora la sua comparsa, e sembra rimanersene indietro delle stelle, ossia retro gradare verso oriente. Questo movimento è sensibilissimo, e basta per convincersene osservare la posizione della Luna tre giorni di seguito. Se si trova, per esempio, vicina ad una bella stella, la si vede scostarsene ed allontanarsene sempre più, per fare il giro del cielo a controsenso col moto diurno : alla fine del primo giorno, essa se ne è allontanata di 13°; il secondo giorno di 26°; il terzo se ne trova lontana 39°, e così via dicendo; finalmente, dopo ventisette giorni se ne è allontanata di 360°, e per conseguenza, è venuta a raggiungerla dalla parte opposta; per tal modo essa si ritrova allo stesso punto ove mostravasi il mese prima, dopo esser passata successivamente vicina a tutte le stelle che si trovano lungo quella circonferenza celeste.

Le *fasi* della Luna dovettero esser notate più presto che il suo moto. Allorchè essa comincia la sera a uscire dal bagliore dei raggi solari, presenta

la forma di una falce sottilissima, la cui convessità è circolare e rivolta al Sole, mentre la concavità leggiermente ellittica, guarda l'oriente. Quel circolo e quella ellisse sembrano tagliarsi sotto angoli acutissimi in due punti diametralmente opposti, che si chiamano i corni. La larghezza della falcatura va

Fig. 54. — La falce lunare, nella sua melanconica splendidezza, dà alla natura un calendario pastorale.

gradatamente crescendo; nell'intervallo di cinque a sei giorni, l'astro della notte ha preso la forma di un semicerchio; la parte luminosa è allora terminata da una linea retta, e noi diciamo che la Luna è *dicotoma*, ossia che è in quadratura: è il suo *primo quarto:* la si discerne facilmente anche di giorno.

Proseguendo ad allontanarsi dal Sole, essa prende la forma ovale ed aumenta di splendore durante 7 ad 8 giorni, passati i quali si presenta perfettamente circolare; il suo disco intero e luminoso splende tutta la notte: è l'epoca della *luna piena* o dell'*opposizione;* passa allora al meridiano a mezzanotte, e tramonta quando il Sole si leva: questi fatti mostrano ch'essa trovasi direttamente opposta al Sole rispetto a noi, e che splende perchè l'astro luminoso l'illumina di faccia e non più di fianco.

Al plenilunio tien dietro un periodo che riproduce le medesimi fasi e le stesse figure di prima, ma in ordine inverso; dapprima diventa ovale, poi, insensibilmente, ritorna semicircolare *(ultimo quarto)*. Questo semicircolo

Fig. 55. — La luce cinerea della Luna.

decresce quindi ed offre l'aspetto di una falce, che ogni di più si assottiglia, e i cui corni sono sempre in alto e dalla parte opposta al Sole. La Luna allora ha fatto il giro della sfera celeste; la si vede sorgere al mattino un po' prima del Sole sotto la stessa forma che aveva il primo giorno dell'osservazione; essa si avvicina al Sole, e va finalmente a tuffarsi nei suoi raggi, nel cui splendore è invisibile; ed eccoci tornati alla *luna nuova*, ossia alla *congiunzione*, altre volte detta *neomenia*.

Abbiamo già veduto che la serie dei diversi aspetti sotto i quali la Luna ci si presenta, ha per durata il tempo della rivoluzione di questo astro rapporto al Sole, cioè 28 giorni e 12 ore. Le epoche del novilunio e del pleni-

lunio diconsi anche *sigizie*, e quelle dei quarti *quadrature*. — È evidente che l'istante in cui la Luna diventa nuova, o, in altri termini, l'istante in cui principia il mese lunare, non può essere determinato da una o sservazione immediata, a meno che in quell' istante preciso, chiamata congiunzione, la Luna non passi proprio davanti al Sole e produca un eclisse.

Quale è il più breve intervallo di tempo prima o dopo la congiunzione durante il quale la Luna è assolutamente invisibile ad occhio nudo? La soluzione di un siffatto quesito deve interessare particolarmente i Musulmani, attesochè il fine del digiuno del Ramadan è determinato dal primo apparire della Luna; milioni di individui essendo perciò attenti a quel fenomeno, sarebbe anzitutto in Oriente che noi dovremmo trovarne la risposta più concludente.

Hevelius assicura che nella zona torrida, Amerigo Vespucci vide nello stesso giorno la Luna ad oriente e ad occidente del Sole; ma, in Germania, ove egli stesso osservava, non l'ha mai potuta scorgere prima di 40 ore dopo la congiunzione, o più tardi di 27 ore prima, benchè Keplero abbia assicurato che la si poteva discernere, anche in congiunzione, quando la sua latitudine è di 5 gradi.

Dopo il novilunio vedesi distintamente la falce che ne forma la porzione luminosa, accompagnata da una luce debole diffusa sul rimanente del disco, la quale ci permette di distinguere tutta la periferia della Luna; è questo leggiero chiarore che dicesi *luce cinerea* (fig. 55).

Ecco come si spiega questo fatto. La Terra riflette, riverbera la luce del Sole verso la Luna, a quel modo che questa la riflette, la rimanda verso la Terra. Quando la Luna è in congiunzione col Sole, per noi, la Terra è per essa in opposizione (1); è appunto Terra piena per un osservatore che si trovasse nella Luna. La luminosità che la Terra diffonde nel cielo è tale, che quella ne è rischiarata assai più di quello che nol siamo noi dal più bel chiaro di Luna, il quale tuttavia pur ci permette di distinguere gli oggetti.

Gli antichi trovarono molta difficoltà a spiegare la causa di questa luce secondaria: alcuni l'attribuivano alla stessa Luna, trasparente che fosse o fosforescente, altri alle stelle fisse. Keplero assicura che Ticone l'attribuiva alla luce di Venere, e che Mœstlin, di cui Keplero dichiarava si discepolo, fu il primo che trovò e spiegò, nel 1596, la vera causa della luce cinerea. Ma essa era già stata spiegata dal celebre Leonardo da Vinci, morto nell'anno 1518.

---

(1) Questi vocaboli meritano forse una maggior spiegazione. Supponiamo vari casi. Il Sole in mezzo, e sopra una stessa retta passante per esso, da una parte la Terra, dall' altra un pianeta; questo allora è in *opposizione colla Terra*, oppure in *congiunzione superiore col Sole*; se questo pianeta si trova fra la Terra e il Sole è in *congiunzione inferiore col Sole*. Un pianeta si può trovare su quella stessa retta in modo che la Terra stia in mezzo fra esso e il Sole, e allora quel pianeta è in *opposizione col Sole* per la Terra, ed in *congiunzione colla Terra* (pel Sole).

IL TRAD

La luce cinerea sembra molto più vivida quando si scelga per osservarla una posizione riparata da qualche tetto che mascheri la parte luminosa della Luna, la quale, naturalmente, indebolisce un po' la luce secondaria. Questa allora è sufficiente a farci distinguere le grandi macchie lunari, specialmente verso il terzo giorno della lunazione.

Essa svanisce quasi interamente quando la Luna è in quadratura: 1.° perchè la Terra invia alla Luna appena un quarto di luce di prima; 2.° perchè la fase lunare (fig. 56), diventata 4 o 5 volte più grande, ci impedisce di discernerla. Per la stessa ragione, la luce cinerea sembra alquanto più viva dopo l'ultimo quarto, vale a dire al mattino, perchè, da una parte, la porzione orientale della Terra riflette meglio la luce solare che non la porzione occidentale, in cui le acque del mare assorbono i raggi, e dall'altra, la regione orientale della Luna è di sua natura più oscura a motivo delle macchie brune che vi si trovano. (Bisogna anche considerare che la nostra vista è allora più sensibile, e che la pupilla è più dilatata dopo le tenebre della notte che dopo la chiara luce del giorno). La luce cinerea, riflesso di riflesso, rassomiglia ad uno specchio, nel quale si riflette lo stato luminoso della Terra. Nell'inverno, quando la maggior parte di un emisfero terrestre è coperta di neve, essa è sensibilmente più chiara.

Prima della scoperta geografica dell'Australia, gli astronomi avevano già, dalla luce cinerea, indotta l'esistenza di quel continente inquantochè quella luce era assai troppo chiara, per esser prodotta dal bruno riflesso dell'Oceano.

La luce cinerea presenta ancora un altro fenomeno ottico molto sensibile: è la dilatazione apparente della falce luminosa, che sembra di un diametro molto più grande del disco oscuro della Luna. Gli inglesi chiamano questa parvenza « la Luna vecchia fra le braccia della nuova ». Un tal effetto deriva dal contrasto di una forte luce posta a lato di una debole; una distrugge l'altra e l'uccide, come dicono i pittori; la falce sembra rigonfia per un trabocco di luce che allarga il disco lunare; l'atmosfera illuminata accresce ancora questa illusione. — Queste fasi e questi aspetti della Luna diedero anticamente origine all'uso di misurare il tempo per mesi e per settimane di sette giorni; modo di divisione del tempo fondato infatti sul ritorno periodico e successivo nel corso di un mese di tutte le fasi, e perchè la Luna, ogni sette giorni appare, per così dire, sotto una forma nuova. Le fasi lunari pertanto costituivano la prima misura del tempo; non v'era in cielo nessun segno le cui differenze, le alternative e le epoche fossero più rimarchevoli. Vi si vedeva un perpetuo avvertimento; le famiglie formatesi di recente e disperse per le campagne, si riunivano senza errare al termine convenuto di qualche fase della Luna.

La *Neomenia* servì a regolare le assemblee, i sagrifici, i pubblici esercizî. Si contava la Luna dal giorno in cui cominciava ad esser visibile. Per scoprirla facilmente, si riunivano la sera sulle alture. La prima apparizione della falce lunare era spiata con cura, accertata dal sommo sacerdote ed annunciata a suon di trombe (fig. 57). Le lune nuove che coincidevano col rinnovarsi delle quattro stagioni, erano le più solenni: vi si trova l'origine dei « quattro

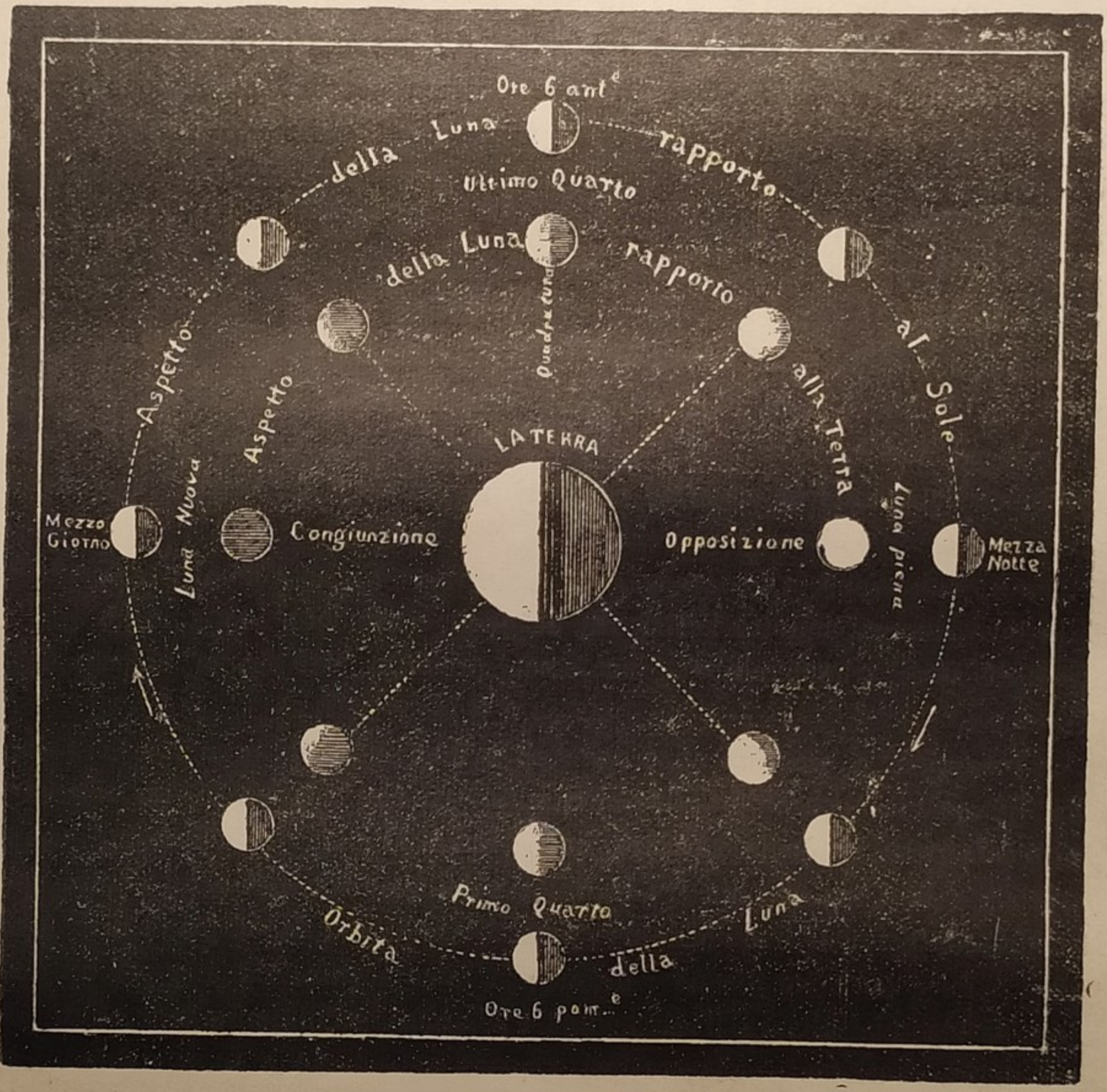


Fig. 56. — Le fasi della Luna.

tempi *(quatuor tempora)* » della Chiesa, come si trova quella della maggior parte delle nostre feste nelle cerimonie degli antichi. Gli orientali, i Caldei, gli Egizî, gli Ebrei osservavano religiosamente quella costumanza.

Le feste della luna nuova erano pure celebrate presso gli Etiopi, i Sabei dell'Arabia Felice, presso i Persi ed i Greci. Le Olimpiadi, istituite da Ifito, cominciavano colla luna nuova. I Romani avevano pure questa festa (Orazio ne fa cenno); la si ritrova attualmente fra i Turchi. La cerimonia del vischio,

Fig. 57. — La prima apparizione della falce lunare era annunciata al popolo dal sommo sacerdote e proclamata a suon di trombe.

appo i Galli, si faceva nella stessa epoca, e il Druido portava una falce (mezza luna), come si vede sulle figure antiche. Si trovò la stessa usanza praticata dai Cinesi, dai Caraibi dell'America, nonchè dai Peruviani e nell' isola di Taìti. I Tasmani, popolo selvaggio il cui ultimo rappresentante morì nel 1876 e i cui costumi si poterono osservare per ben un secolo, mostravano praticare le stesse usanze. I giorni dei novilunî erano pertanto naturalmente consacrati dai popoli primitivi a certe cerimonie.

Nei primi calendarî, l' Amministrazione pubblica dovette dunque predire molto tempo prima in qual giorno dell'anno sarebbero celebrate le neomènie. Un oracolo aveva prescritto ai Greci il rispetto sacro dell'antica costumanza. Da ciò si capisce come fosse importante per gli antichi di discoprire un periodo che potesse ricondurre le fasi della Luna negli stessi giorni dell'anno. Siffatta scoperta ci venne tramandata sotto il nome di *Metone*, il quale nel 433 av. C. l'annunciò ai Greci riuniti per celebrare i giuochi olimpici. Ecco in che consiste:

Una fase qualunque della Luna ritorna dopo un intervallo di 29 giorni e mezzo. Ora, si trova che un ciclo di 19 anni solari o di 6940 giorni contiene quasi esattamente 235 lunazioni. Dunque, dopo 19 anni, le stesse fasi della Luna ritornano negli stessi giorni dell' anno, alle medesime date, dimodochè bastava aver notate queste date durante diciannove anni, per poterle conoscere in precedenza per tutti i periodi successivi di egual estensione. Questa regola non è in difetto che di un giorno in 312 anni.

Questa scoperta parve così bella ai Greci, che se ne volle esposto il calcolo in lettere d'oro sulle piazze pubbliche, per l'uso dei cittadini, e fu dato il nome di *numero d' oro* all' anno corrente di quel periodo di 19 anni che riconduceva insensibilmente la Luna in congiunzione col Sole nello stesso punto del cielo, ossia all' istesso giorno dell' anno solare. Questo numero è rimasto nel calendario ecclesiastico, il quale, come si sa, è regolato piuttosto sul moto della Luna anzichè su quello della Terra.

Il *ciclo lunare* è dunque uno spazio di 19 anni, 5 dei quali sono bisestili, ovvero di 6940 giorni, nel quale hanno luogo 235 lunazioni; di guisa che in capo a 19 anni le lune nuove ritornano allo stesso grado dello zodiaco, e per conseguenza allo stesso giorno di 19 anni prima (1).

---

(1) Questa regola serve a determinare *a priori* le date delle feste della Chiesa in base a quella della Pasqua. Questa festa, infatti, è fissata alla domenica che segue il plenilunio dell'equinozio. I computisti ammettono che l'equinozio di primavera cada sempre il 21 marzo, e danno, ogni anno, per data alla festa di Pasqua, la prima domenica successiva al plenilunio che segue al 21 marzo. Ne deriva che la Pasqua non può cadere nè prima del 22 marzo, nè dopo il 26 di aprile, e può per conseguenza occupare trentacinque posti differenti. Le feste mobili del calendario anticipano o ritardano ogni anno, essendo regolate su quelle della Pasqua che si prende per punto di partenza.

Aggiungiamo che la luna, di cui si servono i computisti nei loro calcoli di previsione, non è la vera, ma una luna media imaginata per facilitare i computi, e si chiama la luna ecclesiastica. Questa luna fit-

Si chiama primo anno di un ciclo lunare quello in cui la luna nuova cade al primo gennajo, e si chiama *numero d'oro* l'anno del ciclo lunare in cui ci troviamo.

Anche la settimana ha avuto la sua origine dalla Luna, come abbiam veduto più sopra; è la misura naturale creata dalle quattro fasi lunari. Perciò è pur essa di origine antichissima; presso gli Egizî, i Caldei, gli Ebrei, gli Arabi, i Cinesi, era in uso fin dai tempi più remoti. I sette primi astri della mitologia antica, essendo in numero eguale a quello del dì della settimana, ne furono considerati come i divini protettori; e i nomi che questi giorni portano ancor oggi derivano da quelli del Sole, della Luna e dei cinque pianeti, come è facile verificare.

Domenica	è il giorno	del Sole
Lunedì	»	della Luna
Martedì	»	di Marte
Mercoledì	»	di Mercurio
Giovedì	»	di Giove
Venerdì	»	di Venere
Sabato	»	di Saturno.

La stessa cosa si verifica per quasi tutte le lingue moderne. Tuttavia, nel suo linguaggio canonico la Chiesa non ha accettato questi nomi pagani, e denomina i sette giorni come segue: Dominica — Feria secunda — tertia — quarta — quinta — sexta — et Sabato, eredità israelitica.

L'ordine delle denominazioni, che non è quello dello splendore degli astri, nè quello dei loro movimenti e delle loro distanze, ha un'origine astronomica che si riscontra tracciando la figura 58. Su quel diagramma poniamo i sette astri erranti conosciuti dagli antichi nell'ordine delle distanze che loro si attribuivan a quell'epoca remota, vale a dire nel seguente:

La Luna . . .	☾	Marte	♂
Mercurio	☿	Giove	♃
Venere	♀	Saturno.	♄
Il Sole	☉		

Poniamoli, dico, a distanze eguali fra loro sulla periferia e congiungiamo con una corda ciascun di essi col terzo successivo: noi tracceremo così una

---

tizia regolare può giungere alla fase di plenilunio un giorno o due prima o dopo la vera. Da ciò derivano delle differenze talora inesplicabili pel pubblico. Così, per esempio, nel 1876, il plenilunio che seguiva al 21 marzo, ebbe luogo l'8 aprile; questo giorno era un sabato; Pasqua avrebbe dunque dovuto essere fissata all'indomani 9 aprile: ora si celebrò invece ai 16, giusta la luna ecclesiastica, la quale, teoricamente, ritardava di qualche ora sulla vera.

figura cabalistica, molto in favore presso gli antichi astrologi, l'eptacordo, stella di sette raggi incorniciata da una circonferenza. Ebbene! partiamo dalla Luna e seguiamo la retta che ci conduce a Marte; da Marte prendiamo l'altra corda che ci conduce a Mercurio; di qui seguiamo la retta che finisce in Giove: poi da questo a Venere, da Venere andremo a Saturno, e da Saturno al Sole, e quindi torneremo alla Luna dopo aver nominato i *sette giorni della settimana nel loro ordine effettivo.*

È questo poi il vero ordine primitivo delle denominazioni dei giorni della settimana? È difficile trovarne la sorgente autentica. Dione Cassio, storico greco del II secolo, assicura che quest'uso viene dagli Egizî e posa sopra due sistemi. Il primo consiste nel contare le ore del giorno e della notte, assegnando la prima a Saturno, la seconda a Giove, la terza a Marte, ecc. (or-

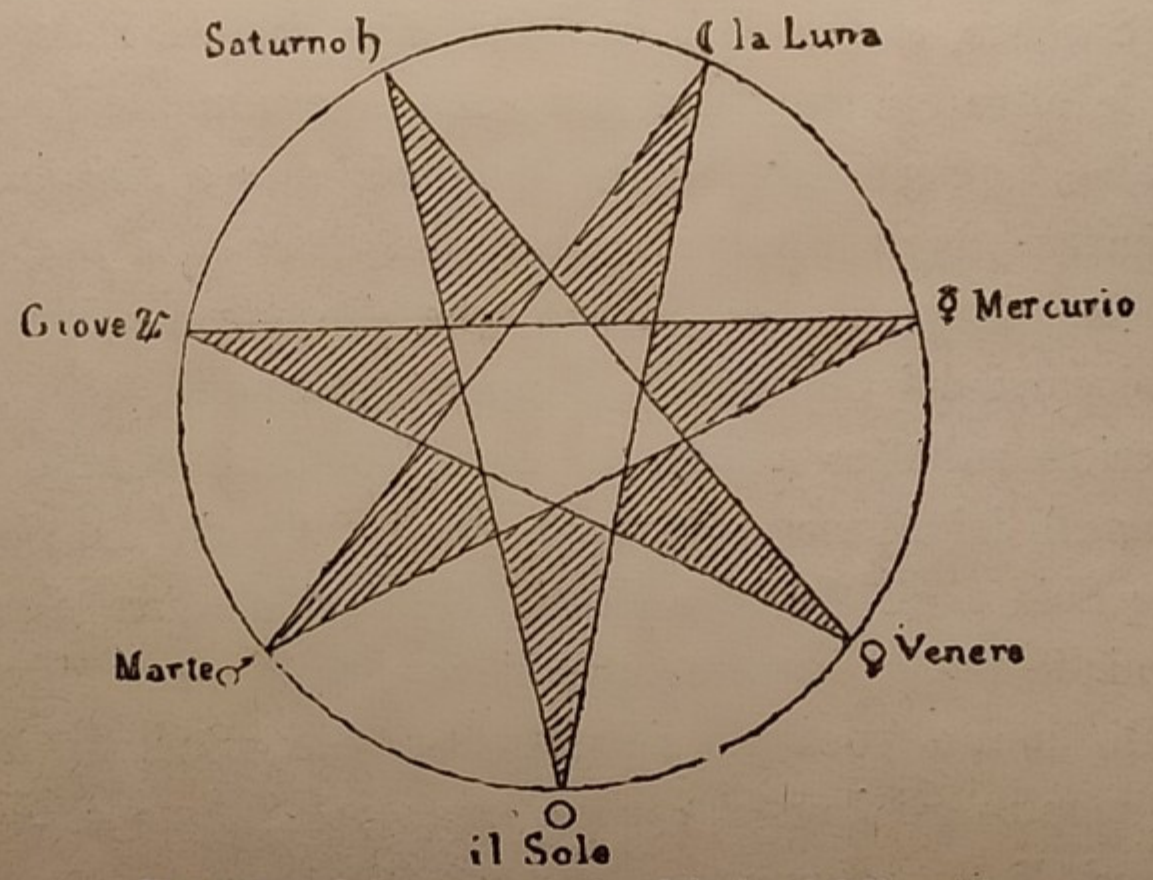


Fig. 58. — Origine astrologica dei giorni della settimana.

dine antico principiando dal pianeta più lontano). Se quest'operazione si continua su tutte le ventiquattr'ore, si trova che la prima ora del secondo giorno ritorna al Sole, la prima del terzo alla Luna, e così di seguito. Per tal modo ogni giorno sarebbe stato designato sotto il nome della divinità corrispondente alla prim'ora.

Ognuno può verificare questo processo, ed è anche possibile che sia realmente la causa prima di quelle designazioni.

Il secondo, di cui parla anche lo stesso autore, è un rapporto fondato sulla musica, e avente per base l'intervallo della quarta. Se, infatti, ogni pianeta rappresenta un tono, cominciando da Saturno, e sopprimendo Giove e Marte, la quarta è data dal Sole, poi, sopprimendo Venere e Mercurio, dalla Luna, poi, sopprimendo Saturno e Giove, da Marte, e così via dicendo.

Qualunque sia quello dei tre processi che abbia servito, il punto importante

per noi è di sapere che la divisione del tempo in periodi di sette giorni rimonta alla più alta antichità, ed è dovuta alle fasi della Luna, ma che non fu in uso in tutti i popoli, poichè i Greci ed i Romani non se ne servirono; infatti i primi avevano le decadi o periodi di dieci giorni, e i secondi contavano per calende, idi e none... Ma divenne di uso quasi generale verso il primo secolo della nostra èra, e l'etimologia latina è rimasta:

Dies Solis	*Jovis dies*
Lunæ dies	*Veneris dies*
Martis dies	*Saturni dies*
Mercurii dies	

Costantino, portando sul trono il cristianesimo, cambiò il giorno del Sole in giorno del Signore, e *dies Solis* diventò *dies dominica*, da cui derivò *domenica*. Tutte le altre etimologie si spiegano agevolmente, eccetto l'ultima: giacchè non v'ha rapporto alcuno fra *Saturnis dies* e *Sabato*. Il giorno di Saturno chiamavasi dagli Ebrei il giorno del *Sabbath*, e noi abbiamo conservato per molto tempo il *dies Sabbati*, che s'incontra ancora nel 1791 nel programma dei corsi del Collegio di Francia, steso in latino al par d'ogni altro atto o scritto pubblico nei secoli scorsi. Ma è altrettanto difficile di far derivare il *Samedì* dei Francesi (Sabato degli Italiani) da *Sabbati* come da *Saturni*. Il dio Sole degli Assiri e degli Arabi si chiama *Sams* nell'idioma di questi ultimi, il quale, durante tutto l'evo medio, servì alla nomenclatura astronomica. Di questo vocabolo s'è fatto Sams-di, Samedi, il Samstag degli Alemanni, mentre gli Inglesi conservarono pel Sabato e per la Domenica le denominazioni di *Saturday* e di *Sunday?* Ciò è possibile, ma non bisogna dissimularsi essersi prodotte in tutte le lingue delle corruzioni di vocaboli molto singolari. Non si volle (per porgere un esempio) pretendere persino che il nome di Elisabetta derivi da Clovis (Clodoveo, o Clodovico?) E in che modo? — La lettera *c* non essendo che aspirata, come oggi la *h*:

Da *Clovis*	si sarebbe fatto	*Lovis*
da *Lovis*	»	*Louis* (Luigi
»	»	*Louise*
»	»	*Lise*
»	»	*Lisa*
»	»	*Elisa*
»	»	*Elisabetta*.

L'ultima discendenza è affatto fantastica, poichè Clovis è un nome franco, ed Elisabetta è un nome ebreo, anteriore quindi al primo. V'hanno altre derivazioni più certe, come CIELO che viene dal greco *coïlos*, cavo, da cui venne

il latino CÆLUM; come *Urano* che deriva dal sanscrito *Varuna*, vòlta, da cui il greco *uranos;* come DIO che deriva pure dal sanscrito *Diaus* (1), l'aere luminoso attraverso i derivati *Theos* e *Deus*, e che ha la stessa etimologia *Zeus-Pater, Jupiter* e di *Dies*, il giorno. Bisogna convenire che alcune volte le parole si trasformano stranamente passando da una lingua ad un'altra! Così il francese *évêque* (vescovo) e il tedesco *bischof* hanno la medesima origine, eppure *non vi si trova più neppure una lettera comune.* Discendono entrambi dal greco *epi-scopein*, guardar dall'alto, dominare. — La parola *leone* non è meno curiosa: deriva dal sanscrito *ru* che significa ruggire, dalla qual parola sono successivamente derivate *rawat*, ruggente; *lawan*, il ruggente, *lewon*, poi il greco *leôn*, il latino *leo*, ed il francese *lion* (leone).

Ru	*Leôn*
Rawat	*Leo*
Lawan	*Lion, Leone*
Lewon	

Dopo tutto, anche oggidì, allorchè voi chiudete una lettera indirizzata ad una persona sconosciuta attestandole una *perfetta considerazione*, voi non riflettete forse che paragonate quello sconosciuto ad un astro! I più bassi cortigiani non parlavano più umilmente di così a Luigi XIV.

Dessa è un'espressione presa a prestito al linguaggio degli astronomi; è discesa dal cielo per mo' di dire, e la nostra eccessiva urbanità ne logorò il valore.

Così tutto cambia intorno a noi, gli esseri, le cose — e persin le parole, le parole sopratutto!

---

(1) Donde anche *Diabulus* e *Diavolo*, che significa soltanto genio, e ricevette dalla Chiesa il regalo di essere applicato all'*antitesi di Dio*. IL TRAD.

CAPITOLO III.

Moto della Luna intorno alla Terra. — Peso e densità della Luna. La gravità sugli altri mondi. — Come fu pesata la Luna.

La Luna gira intorno alla Terra descrivendo, non già proprio una circonferenza, ma una ellisse (vedi pag. 34). L' eccentricità è debole non essendo che di 1/18.

Chi voglia farsene un'idea adeguata, prenda, a rappresentare l'orbita lunare, un'ellisse che abbia l'asse maggiore di 18 centimetri di lunghezza; i due fochi sarebbero lontani fra loro 1 centimetro, vale a dire che la distanza fra il centro e ciascun foco non sarebbe che di $^1/_2$ centimetro.

Quest'eccentricità si esprime geometricamente colla cifra 0,0549. Essa è tuttavia più forte di quella dell' orbita terrestre, che è di 0,0167; onde si vede che quest' ellisse differisce dalla circonferenza più che la terrestre. La distanza della Luna varia dunque necessariamente durante tutto il corso della sua rivoluzione, e ognuno può convincersene misurando il diametro apparente del suo disco, le cui variazioni di lunghezza sono inverse a quelle delle sue distanze dalla Terra. Allorchè la Luna trovasi alla estremità dall' asse maggiore ch'è più vicina al foco occupato dalla Terra (Terra, in greco γη, ghè) la sua distanza è minima; allora essa è al *perigeo*, e il suo diametro raggiunge il massimo valore. All'altra estremità dello stesso asse, cioè all'*apogeo*, la distanza è invece massima, ed il diametro appare sotto le dimensioni più piccole; finalmente, a ciascuna delle estremità dell' asse minore, la distanza è media fra le estreme, e lo stesso si verifica per le dimensioni del disco. Ecco qui sotto le variazioni di diametro e di distanza che conseguitano da quest'orbita alquanto allungata:

	Diametro della Luna.	Distanza geometrica.	Distanza in chilometri.
Distanza massima od apogea. . . .	29′ 31″ 0	1,0549	405 400
» media	31′ 8″ 2	1,0000	384 400
» minima o perigea	32′ 56″ 7	0,9451	363 290

La distanza della Luna varia pertanto in quindici giorni da 363 290 chilom. a 405 400, ossia 42 100 chilom. in cifra tonda, vale a dire del nono a un

dipresso. Questa differenza influisce abbastanza sulla grandezza apparente, come si vede, e si rende sensibile specialmente nei suoi effetti sulle maree, come si vedrà a suo luogo.

Se si sottraggono i raggi della Terra e della Luna dalla distanza perigea, si ha la minima distanza a cui ci possiamo trovare dalla superficie del nostro satellite. Siffatta distanza è di 355 200 chilometri. In tali condizioni un telescopio che ingrandisca 2000 volte, avvicina la Luna ad una distanza di 176 chilometri.

Il moto della Luna nello spazio è ancora più complicato di quello della Terra! Senza entrare in tutti i minuti particolari, ne accenneremo le particolarità più singolari.

E anzi tutto: 1.° L'ellisse descritta intorno a noi da questo piccolo globo non si mantiene immobile nel suo piano, ma senza uscirne ruota intorno alla Terra nel senso diretto, ossia nel verso medesimo nel quale è percorsa dalla Luna.

L'asse maggiore dell'ellisse fa per tal modo un giro intiero in 3232 giorni, un po' meno di nove anni. Si vede che è un movimento analogo a quello della linea degli apsidi dell'orbita terrestre compientesi in 21 000 anni (che noi abbiam spiegato a pag. 59), ma più celere.

2.° L'orbita della Luna non giace nello stesso piano in cui la Terra gira intorno al Sole, cioè nell'eclittica, poichè in tal caso vi sarebbe, evidentemente, eclisse di Sole ad ogni novilunio, ed eclisse di Luna ad ogni plenilunio. Ma l'esperienza ci dice che non è così. Il piano in cui la Luna si muove è inclinato di 5 gradi su quello in cui si muove la Terra. Si dà il nome di *linea dei nodi* alla retta lungo la quale i due piani si tagliano: ebbene, questa linea non è immobile, ma fa il giro dell'eclittica in 6793 giorni, ossia in 18 anni e $^2/_3$.

3.° Varia pure l'inclinazione dell'orbita lunare. Essa è in media di 5° 8′ 48″ ma subisce un' oscillazione che ora la fa ascendere fino a 5° 0′ 1″ ed ora la eleva fino a 5° 17′ 35″ tutto ciò nel periodo di 173 giorni.

Non è cosa per noi indispensabile l'intendere l'esatto meccanismo di tutte queste irregolarità; la nostra istruzione astronomica nol richiede; ma è bene sapere che esistono. Aggiungiamo che il moto del nostro piccolo satellite intorno a noi è tormentato da ben altre ineguaglianze, quali sono:

4.° L'*equazione del centro*, che fa oscillare la Luna ogni mese a motivo dell'eccentricità della sua orbita.

5.° L'*evezione*, il cui periodo è di 32 giorni.

6.° La *variazione*, che compiesi in un periodo di 15 giorni.

7.° L'*equazione annua*, il cui periodo è di un anno.

8.° L'*equazione parallattica* di 29 giorni, che permette di calcolare la distanza del Sole; senza contar finalmente le ineguaglianze di 206 giorni, di 35 giorni, 26 giorni, ecc., che producono ancora nuove perturbazioni.

L'analisi del moto della Luna ha condotto gli astronomi ad accettare che quel moto si accelera di 12″ in un secolo. La metà di questa accelerazione è dovuta alla lenta e progressiva diminuzione dell'eccentricità dell'orbita terrestre, e l'altra ad un impercettibile rallentamento nel moto di rotazione della Terra, che sembra debba in centomila anni aumentare la durata del giorno di un secondo! ed accorciare in apparenza la durata della rivoluzione del nostro satellite. Se una tale accelerazione continuasse, la Luna finirebbe per caderci sulla testa, ma non è che un' oscillazione periodica... Veggasi da ciò quanto furono studiati questi movimenti e a qual grado di precisione sia giunta la scienza moderna; e quanto, d'altra parte, sieno complicate le fluttuazioni di quest'astro in apparenza così benigno, ma che divenne, a cagion di quelle, la vera disperazione dei geometri. L'analisi ha già scoperto a questo astro vagabondo *più di sessanta diverse irregolarità!*...

S'incontrano talvolta agli esami della Sorbona (a Parigi) dei professori che si pigliano un gusto matto a imbarazzare gli allievi, e che si procurano la facile vittoria di caricare di cattivi punti i candidati a cui hanno posto le questioni le più arbitrarie. La complicazione dei moti della Luna ha spesso a cotestoro servito di tranello. Ma non sempre gli esaminatori hanno il sopravento. Arago racconta che alla Scuola Politecnica il professor Hassenfratz aveva perduto ogni considerazione in conseguenza del suo carattere e della sua insufficienza, e che un giorno, ben preparato a metter un allievo nell'imbarazzo, lo aveva chiamato alla lavagna con un tono che non prometteva nulla di buono. Ma lo scolaro (era il signor Leboullenger) se ne stava in guardia, e sapeva che importava troncar subito la questione per non rimaner soccombente.

— Signor Leboullenger — gli disse il professore — voi avrete ben veduto la Luna?

— *No*, signore!

— Come!... dite di non aver mai veduto la Luna?

— Non posso che ripetere la mia risposta: No, signore.

Fuor di sè e vedendosi sfuggire la preda in causa di quella risposta inattesa, il signor Hassenfratz, rivoltosi all' ispettore incaricato in quel giorno della polizia, gli disse:

— Signore, ecco lì il signor Leboullenger che pretende di non aver ma veduto la Luna.

— Che cosa volete che vi faccia? — rispose stoicamente il secondo.

Respinto da questa parte, il professore si rivolse ancora a Leboullenger, che rimaneva calmo e serio in mezzo all' indicibile allegria di tutto l'anfiteatro, ed esclamò con una collera mal dissimulata:

— Voi persistete a sostenere di non aver mai veduto la Luna?

— Signore, rispose l'allievo, la ingannerei se le dicessi di non averne sentito parlare, ma non l'ho veduta mai!

— Signore, tornate al vostro posto.

Dopo quella commedia (1), Hassenfratz non fu più professore che di nome, il suo insegnamento non poteva più avere alcuna utilità.

Questa piccola scena ci ha distratti un istante dall'analisi tanto complicata dei moti della Luna. Per completare l'esposizione di questi movimenti, e sopratutto per farci un'idea esatta del cammino del nostro satellite, vediamo che effetto produce la combinazione del moto mensile della Luna intorno alla Terra col moto annuo di questa intorno al Sole.

Se la Terra fosse immobile, la Luna tornerebbe, al fine della sua rivoluzione, al medesimo punto ove si trovava al principio, e la sua orbita sarebbe una curva chiusa, come quella disegnata nella piccola figura 59. Ma essa si muove. Intanto che la Luna, per esempio, è in *A* e procede verso *B*, dal novilunio incamminandosi al primo quarto, la Terra si sposta verso la destra, e sette giorni dopo si è trasportata colla Luna nello spazio, per otto volte 643 mila leghe lontano.

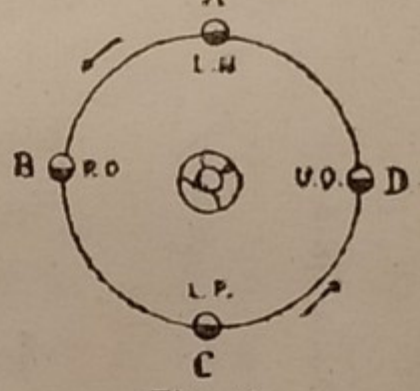


Fig. 59.
Moto della Luna.

Il primo quarto ha luogo in *B* (figura 60). Sette giorni appresso, la Terra è ancor più lontana e il plenilunio cade in *C*. Una settimana più tardi, l'ultimo quarto ha luogo in *D*; e quando, dopo aver compita la sua rivoluzione intera, il nostro satellite torna in *A*, ha in realtà percorso nello spazio, non una curva rientrante come quella della figura 59, ma una linea allungata simile a quella che si otterrebbe riunendo con una serie di punti le posizioni *A*, *B*, *C*, *D*, *A* della figura 60.

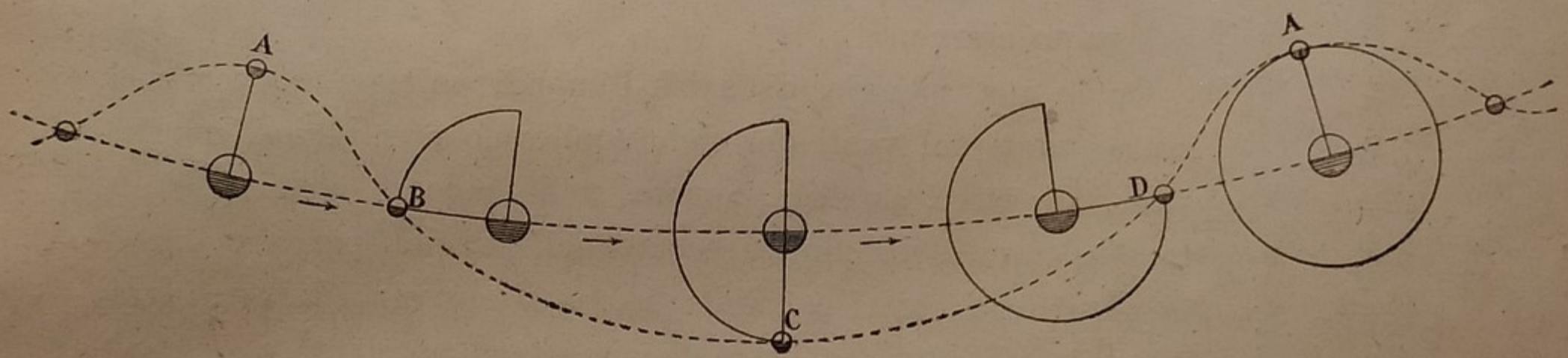


Fig. 60. — Moto della Luna combinato con quello della Terra.

Per una circostanza abbastanza bizzarra e generalmente ignorata, questa

(1) Se ne conoscono altre ancora più sfacciate. Ad una seduta di baccelleria, l'irascibile Lefébure de Fourcy aveva intimidito a tal segno un candidato, che questi, confuso, non poteva più rispondere sensatamente. Stanco d'interrogare inutilmente, si volge al giovine assistente esclamando: Che bestia! Portategli un fascio di fieno. — Fatene portar due, replicò lo scolaro sulle furie; faremo colazione insieme. — Non occorre dire che il diploma fu rimandato alle calende greche!

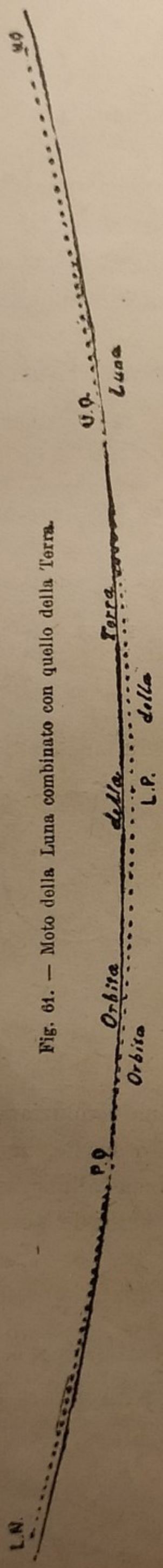


Fig. 61. — Moto della Luna combinato con quello della Terra.

curva sinuosa è allungata tanto da differire appena da quella che la Terra descrive annualmente intorno al Sole, e che, invece di essere (come la si disegna sempre nei trattati d'astronomia) convessa verso il Sole all' epoca dei noviluni, essa è *sempre concava* dalla parte del Sole!

L'ho esattamente rappresentata nella figura 61 nella scala di 1 millimetro per 100 000 leghe. In questa figura l'arco dell'orbita terrestre è tracciato con un raggio di 37 centimetri per 37 milioni di leghe.

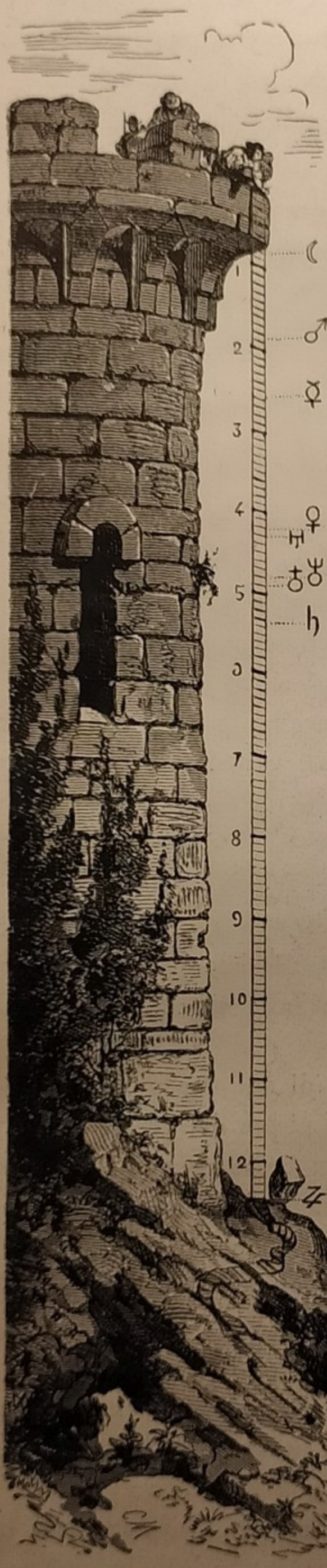
Il nostro attento lettore combinerà da sè medesimo questo moto della Luna intorno al Sole, colla traslazione del Sole stesso nello spazio, di cui abbiamo già parlato (a pag. 63), in forza del quale la Luna accompagna la Terra nella sua caduta obliqua verso la costellazione di Ercole, complicando ancor più, mercè i movimenti testè riconosciuti, la curva tracciata nella figura 30.

Per tal modo gli è un moto perpetuo quello che trascina il mondo!... Il sole corre attraverso gli spazî; la Terra corre girando intorno ad esso e lasciandosene trasportare nella sua corsa; la Luna corre ruotando in giro a noi intanto che noi giriamo intorno al raggiante focolajo che pur esso precipita nel vuoto eterno.

Quale una pioggia di astri, i mondi volteggiano vorticosi, scaraventati dai venti del cielo e piovono attraverso l' immensità; soli, terre, satelliti, comete, stelle cadenti, umanità, culle, tombe, atomi dell'infinito, secondi dell'eternità, perpetua metamorfosi degli esseri e delle cose, tutto cammina, tutto s'invola sotto il soffio divino — intanto che il commerciante o il possidente conta il suo oro e lo ammucchia, credendo che l' universo intero consista nel suo scrigno.

O follìa dell'omuncolo terrestre! follìa dell'affaccendato mercatante, follìa dell'avaro, follìa del litigante, follìa del pellegrino della Mecca o di Lourdes, follìe di ciechi! E quando alfine l' abitante della Terra aprirà gli occhî per veder dov' è, per vivere la vita dello spirito, e riporre la sua felicità nelle contemplazioni intellettuali?

Quando spoglierà il vecchio uomo questo inviluppo animale, per affrancarsi dalle pastoje del corpo e sollevarsi nelle altezze della conoscenza? Quando l'astronomia avrà diffuso la sua luce su tutte le menti?



Ma l'astro delle notti ci richiama...

Doux reflet d'un globe de flamme
Charmant rayon, que me veux-tu ?
Viens-tu dans mon sein abattu
Porter la lumière à mon âme ?
Descends-tu pour me révéler.
Des mondes le divin mystère ? (1)

Così cantava il poeta delle *Armonie*, pel quale l'astro delle notti non era che un celeste raggio destinato alla illuminazione provvidenziale delle notti terrestri. Per noi, quel raggio ci attrae, ci stacca da questo suolo triviale, e ci trasporta verso l'astro da cui si parte. È la Luna stessa che noi vogliamo conoscere.

Noi sappiamo già la sua distanza, la sua grandezza, i suoi movimenti. Fra non molto sbarcheremo sul suo suolo così accidentato. Ma, prima d'intraprendere questo viaggio, ci resta ancora a chiarire un punto interessante: è il peso del globo, e conseguentemente la densità dei materiali che lo compongono, e l'intensità della gravità alla sua superficie.

Come fu pesata la Luna? — È possibile il far capire i processi a ciò impiegati senza entrare in dettagli troppo tecnici.

Il peso della Luna si determina dietro l'analisi degli effetti della sua attrazione sulla Terra. Il precipuo e più evidente di questi effetti ci è offerto dalle *maree*. L'acqua dei mari si solleva due volte al giorno al tacito invito del nostro satellite.

---

(1) Dolce riflesso di un globo di fuoco, dolce raggio, che mi parli tu ? Scendi forse nel mio animo accasciato per recarvi la luce o la calma ? O scendi a rivelarmi il divino mistero dei mondi ?

Studiando con diligenza l'altezza delle acque per tal modo elevate, si trova l'intensità della forza necessaria a inalzarle, e per conseguenza la potenza, il peso, che è una cosa identica, della causa che produce un tal effetto. Ecco un primo metodo. — Un altro metodo è fondato sull'influenza che la Luna esercita sui moti del globo terrestre: quando essa precede la Terra, essa la attrae, ne accelera il moto; quando la segue, lo ritarda. Questo effetto, nel primo e nell'ultimo quarto, si riflette nella posizione del Sole, il quale sembra spostato nel cielo di tre quarti della sua parallasse, ossia della 290ª parte del suo diametro. Dietro questo spostamento si calcola allo stesso modo la massa della Luna.

Un terzo modo è stabilito sul calcolo dell'attrazione che la Luna esercita sull'equatore, e che produce la mutazione e la precessione di cui abbiamo parlato più indietro (a pag. 51 e 57).

Tutti questi metodi si controllano reciprocamente e concordano nel provare che la massa della Luna è 81 volte minore di quella della Terra.

Dunque il *peso della Luna è* 1/81 *di quello del nostro globo.* Esso è di circa 72 sestilioni di chilogrammi. I materiali che la compongono sono meno densi di quelli onde è costituita la Terra; hanno presso a poco i 6 decimi della densità dei nostri. Paragonata alla densità dell'acqua, la Luna pesa 3,27, vale a dire circa 3 volte e un quarto più di un globo d'acqua di dimensioni uguali.

Peso della Terra: — Tonnellate 5875 000 000 000 000 000 000 000
Peso della Luna: — Tonnellate 72 500 000 000 000 000 000 000

La *gravità* alla superficie della Luna è la più debole che si conosca; rappresentando con 1000 quella che mantiene i corpi alla superficie terrestre, quella della Luna sarà rappresentata da 164.

Colà pertanto gli oggetti pesano sei volte meno di qui, e sono attratti dal globo lunare con una forza sei volte minore. Una pietra del peso di un chilogrammo, trasportata nella Luna non vi peserebbe che 164 grammi. Un uomo che pesasse 70 chilogrammi sul nostro pianeta, non peserebbe sulla Luna che 11 chilogrammi e 1/2. Se pertanto s'imaginasse un uomo trasportato nel nostro satellite, e si supponesse altresì che le sue forze muscolari rimanessero le stesse anche in quel nuovo soggiorno, potrebbe, senza fare uno sforzo più grande di quel che farebbe fra noi, sollevarvi dei pesi cinque o sei volte maggiori che sulla Terra, e il suo proprio corpo gli parrebbe cinque o sei volte più leggiero. Il minimo sforzo muscolare gli basterebbe per saltare ad altezze prodigiose, o per correre colla velocità di una locomotiva.

Vedremo più innanzi qual importante ufficio ha esercitato questa poca intensità della gravità, nell'organizzazione topografica del mondo lunare, per-

mettendo ai vulcani di accatastare delle montagne gigantesche in circhi ciclopici, e di lanciare con formidabile spinta delle Alpi sopra dei Pirenei.

Si può anzi, a questo proposito, notare un fatto abbastanza singolare; ed è che se la Luna, pur conservando la stessa massa, diventasse grande quanto la Terra, essendochè l'attrazione decresce col quadrato della distanza, e poichè il raggio della sfera lunare è pressochè un quarto appena di quello del globo terrestre, l'attrazione verrebbe ad esser diminuita di quasi 16 volte, ed invece di essere soltanto il sesto della gravità terrestre, non ne sarebbe più che 1/90.

Un chilogrammo non peserebbe che 11 grammi; un uomo del peso di 70 chilogrammi terrestri non peserebbe più di un piccione! Lo sforzo muscolare che noi facciamo per saltare sopra uno sgabello, ci basterebbe a raggiungere la vetta di una montagna, e la minima forza projettiva di un vulcano lancerebbe i materiali ejetti tanto lontano nel cielo lunare, da non poter più ricadere...

Possono esistere mondi di massa così lieve, e di una rotazione tanto rapida, da rendere nulla la gravità alla loro superficie, sì che gli oggetti *non v'abbiano peso*. In cambio ponno esser dei mondi di una così prodigiosa densità, da dare ai corpi un peso straordinario oltre ogni imaginazione. Supponiamo, per esempio, che senza cambiar di volume la Terra acquistasse una massa pari a quella del Sole: allora l'attuale chilogrammo diventerebbe un peso di 324 000 chilogrammi, ed una giovinetta spigliata e graziosa, il cui peso fosse adesso di 50 chilogrammi, verrebbe a pesare *sedici milioni* di chilogrammi! In altre parole, fosse essa pur di bronzo, il suo proprio peso la schiaccerebbe riducendola in un numero indefinito di molecole sparse al suolo. Malgrado la sua potenza infinita, sarebbe la natura capace di organizzare esseri vigorosi così da resistere a un cotal peso?...

Quale maravigliosa varietà deve esistere, per questo solo fatto, fra i diversi mondi che popolano l'infinito!...

Innanzi d'andar più lungi, vogliam formarci un'idea esatta di queste curiose differenze nell'intensità della gravità sulle terre del mondo solare. Più innanzi calcoleremo i pesi ed i volumi.

Intensità comparata della gravità alla superficie dei mondi.

Sole	27,474	Urano	0,883
Giove	2,581	Venere	0,864
Saturno	1,104	Mercurio	0,521
Terra	1,000	Marte	0,382
Nettuno	0,953	Luna	0,164

Dunque l'intensità della gravità è minima nella Luna e massima nel Sole. Un oggetto che sulla Terra pesasse un chilogrammo, trasportato sul primo

di questi due astri non peserebbe che 164 grammi, sul Sole peserebbe più di 29 chilogrammi; ne peserebbe 2 e 1/2 sopra Giove, ecc. Ma noi apprezzeremo ancor meglio queste differenze d'intensità traducendole in velocità di caduta, giacchè sappiamo che questa è tanto più grande quanto pure è più grande l'azione della gravità. Supponiamo che dalla cima di una torre di una certa altezza (vedi l'incisione a pag. 141), su ciascuno di quei mondi, si lasci cadere un sasso; potremo formare la seguente tabella:

Spazio percorso da un corpo cadente, durante il primo secondo di caduta.

Sopra la Luna	☽	m.	0,80
» Marte	♂		1,86
» Mercurio	☿		2,55
» Venere	♀		4,21
» Urano	♅		4,30
» Nettuno	♆		4,80
» la Terra	♁		4,90
» Saturno	♄		5,34
» Giove	♃		12,49
» il Sole	☉		134,62

Supponiamo ora di lasciar cadere una pietra dall'alto di una torre, e supponiamo che quella torre abbia tredici metri di altezza. In capo al primo minuto secondo di caduta la pietra sarebbe quasi arrivata al piè della torre sopra Giove, ove i corpi sono attratti con grande energia. Nello stesso tempo, sopra Saturno non sarebbe che a metà strada. Avrebbe percorso $4^m,90$ sulla Terra, dieci centimetri meno su Nettuno, $4^m,30$ sopra Urano, 4^m, 21 su Venere, $2^m,55$ su Mercurio, $1^m,86$ sopra Marte e soltanto 80 centim. sulla Luna, tanto l'attrazione vi è debole. In quanto al Sole, per rappresentare la stessa forza alla sua superficie, ci bisognerebbe supporre la torre costrutta sulla vetta di un monte che si elevasse a picco sulla pianura, di 134 metri. In un secondo, il nostro sasso, attratto da una forza prodigiosa, precipiterebbe con velocità inconcepibile da tutta quell'altezza.

Questi calcoli son fatti senza tener conto della resistenza delle atmosfere, le quali diminuiscono la velocità della caduta in ragione delle loro rispettive densità. Ma la gravitazione, il peso, è regolata con le stesse leggi in tutto l'universo. Tuttavia esistono per avventura nel creato delle forze che noi non conosciamo, e che in certi mondi possono far un uffizio analogo alla

gravità, differenziando gli effetti di questa. Per esempio, se noi ignorassimo l'esistenza della calamita, non potremmo mai imaginarci che un pezzo di minerale di ferro potesse attrarre a sè, contrariamente alla gravità, degli oggetti di ferro.

Ci è lecito supporre che il ferro, il quale entra in piccola dose nel nostro sangue e nella nostra carne, possa trovarsi in proporzioni maggiori in organismi costituiti diversamente dai nostri, e che, sotto influenze analoghe a quelle della calamita, quegli esseri siano attratti con forza speciale, indipendente dalla gravità.

Nulla ancora ci impedisce di ammettere la possibilità dell'esistenza di forze naturali diverse da quelle della calamita, le quali, in certi modi, modificassero gli effetti del peso, e spingessero persino gli esseri verso le regioni superiori dell'atmosfera... Ma la scienza sperimentale non può insino ad ora calcolare che le masse, i volumi, la densità e le gravità, come abbiamo fatto poco stante. Quando potremo noi scoprire gli esseri viventi che popolano quei mondi diversi sotto tante forme differenti? Quando potremo vederli e conoscerli? Natura! natura immensa, formidabile, infinita! Chi potrebbe indovinare, chi saprebbe intendere gli accordi della tua lira celeste? Che cosa comprendiamo noi mai in queste formole infantili della nostra giovane scienza? Noi balbettiamo un alfabeto, mentre l'eterna bibbia ci è ancor chiusa. Ma gli è così che comincia ogni lettura, e queste prime parole sono più sicure di tutti gli antichi asserti dell'ignoranza e dell'umana vanità.

CAPITOLO IV.

Descrizione fisica della Luna.
Le montagne, i vulcani, le pianure dette mari. — Selenografia.
Carta della Luna. — Le antiche rivoluzioni lunari.

La Luna non ha, per la Terra, cessato di essere un problema. Lo spirito umano è insaziabilmente avido di cognizioni; è nella sua essenza stessa di penetrare nella natura delle cose e di fare delle congetture su tutti i punti che non ha potuto approfondire. Quanto gli aggradirebbe di sapere quel che accade in un mondo così a noi vicino quale è la Luna! Imperocchè, che è mai questa distanza di novantasei mila leghe che ce ne separa, in confronto della lontananza degli astri, che si calcola, attraverso gli spazî celesti, a milioni e miliardi di leghe? Il nostro orgoglio, già solleticato dal sapere che il nostro globo è il signore di quella provincia, lo sarebbe infinitamente più se noi potessimo sapere che questo satellite è popolato di esseri intelligenti, capaci di intendere e di apprezzare il nostro pianeta, i cui beneficî per essi non hanno paragone se non in quelli che ricevono dal Sole!

La maggior parte dei filosofi dell'antichità vollero dir la loro parola; ma non possedendo sufficienti mezzi d'osservazione, ne parlarono secondo il semplice buon senso. Alcuni avevano indovinato che essa non ha luce propria e che splende di una luce tolta ai raggi del Sole. Tale era il giudizio di Talete, di Anissamandro, di Anassagora e di Empedocle. Quest' ultimo filosofo, al dir di Plutarco, ne concludeva che la luce della Luna ci giunge meno viva e senza calore sensibile perchè ha subìto una riflessione. Proclo, nel suo *Commentario su Timeo,* riferisce tre versi attribuiti ad Orfeo, nei quali si dice: « Dio formò un'altra Terra, immensa, che gl'immortali chiaman *Selene,* e gli uomini *Luna,* nella quale si ergono innumerevoli monti, molte città ed abitazioni. » La dottrina di Zenofane era esattamente simile a quella d'Orfeo. Anassagora parlava delle campagne, dei monti e delle valli della Luna, ma senza far cenno di città nè di abitazioni.

Pitagora e i suoi discepoli furono molto più espliciti in tal questione, giacchè assicuravano che: « la Luna è una terra somigliante a quella che noi abi-

tiamo, con questa differenza che essa è popolata di animali più grandi e di alberi più belli, e che gli abitatori lunari, per statura e per forza, superano quindici volte quelli della Terra ». Diogene Laerzio attribuisce ad Eraclito da Ponto un' asserzione molto strana: secondo quello storico, Eraclito avrebbe assicurato d'aver avuto notizia della discesa sulla Terra di un abitante della Luna! ma omette (prudentemente, dico io) di darne la descrizione. Una tradizione pretendeva che il Leone Nemeo fosse caduto dalla Luna. Del resto persin nel XVI secolo, l'astrologo Cardano non asseriva forse di aver avuto la visita di due abitanti della Luna? — Erano, egli dice, due vecchî quasi muti. Quel genio singolare era d'altra parte tanto sinceramente convinto dei dogmi astrologici, che essendogli stato dal suo oroscopo predetto il giorno e l'ora della sua morte, pose tutta la sua sostanza a vitalizio, e giunto a quella data, si lasciò morire di fame.

Altri filosofi antichi consideravano la Luna quale uno specchio che dal sommo dei cieli riflettesse l' imagine della Terra. Tuttavia la grande questione dell'atmosfera e delle acque lunari, che si agita ancor oggi, era già in discussione ai tempi di Plutarco. Questo scrittore riferisce nei seguenti termini l'opinione di coloro che stavano per la negativa. « È egli possibile che coloro che trovansi nella Luna possano sopportare, per lunghi anni, il pieno fulgore del Sole, che dardeggia sul loro capo i suoi raggi infuocati per quindici giorni di seguito ogni mese? Non è supponibile che con un calor così grande, in mezzo ad un'atmosfera tanto rarefatta, vi siano dei venti, delle nuvole, delle pioggie, senza cui le piante non possano nè germogliare, nè durare quando sien nate, mentre vediamo i più terribili uragani non elevarsi, in seno alla nostra atmosfera, nemmeno alla cima delle nostre alte montagne. L'aria della Luna è per sè stessa così rarefatta e mobile, in ragione della sua grande leggerezza, che ognuna delle sue molecole sfugge all' aggregazione, e che nulla può condensarle in nuvole. » Questo argomento è poco diverso da quello che fanno valere ancora i moderni che sostengono esser la Luna inabitabile.

Le disertazioni a proposito della Luna e dei suoi abitanti erano allora tanto di moda, che quel filosofo scrisse un trattato speciale *(De facie in orbe Lunæ)*, in cui registra la maggior parte delle opinioni emesse al suo tempo; e che Luciano da Samosato, fece, come critico, un viaggio lunare, non meno divertente dei suoi arguti dialoghi fra morti.

Durante tutto il medioevo e fino all'invenzione del telescopio, v'ebbe una tal qual tregua di discussioni serie intorno al nostro satellite. Galileo, nel 1609, si servì del primo cannocchiale ch'egli applicò alle osservazioni astronomiche per studiare la natura della Luna; riconobbe in essa un globo cosparso di sinuosità considerevoli, in cui montagne altissime dominano valli amplissime e profonde.

Il primo disegno che si fece della Luna fu certamente una grossolana rappresentazione della figura umana, atteso che la disposizione delle macchie corrisponde sufficientemente a quella degli occhî, del naso e della bocca, per giustificare quella rassomiglianza. Perciò noi vediamo riprodotta dappertutto e in tutti i secoli questa faccia umana. Tal somiglianza non devesi che alla fortuita configurazione geografica del nostro satellite; essa è d'altronde molto vaga, e tosto scompare quando si osservi la Luna col telescopio. Altre menti imaginose vi hanno riscontrato, invece di una testa, un corpo intero, che per gli uni rappresenta Giuda Iscariota, per gli altri Caino, che porta un fascio di spine.

Le principali macchie della Luna si scorgono ad occhio nudo, ma il numero di quelle che si scoprono col sussidio dei cannocchiali è infinitamente più grande.

Per abbracciare ad occhio nudo l'insieme del disco lunare, bisogna scegliere di preferenza l'epoca del plenilunio. Anzitutto conviene orientarsi per bene. Supponiamo perciò di guardar la Luna alla detta epoca, verso mezzanotte, vale a dire al momento in cui, passando al meridiano, campeggia in cielo proprio al sud.

I punti estremi del diametro verticale del disco segnano i punti nord e sud della Luna; il nord stando in alto e il sud in basso. A sinistra trovasi il punto est, ed a destra il punto ovest. Se si osserva con un cannocchiale astronomico, l'imagine riesce *capovolta;* il sud trovasi in alto e l'ovest a sinistra. *Quest'ultima orientazione è quella di tutte le carte lunari.*

Gli astronomi son riusciti a fare delle mappe della Luna, come i geografi fanno delle mappe della Terra, e si può quasi dire che le prime furono sempre più esatte di queste ultime. Ciò si capisce: noi vediamo tutto un emisfero della Luna, mentre non possiamo abbracciare collo sguardo l'insieme della Terra.

La prima carta della Luna fu disegnata nel 1647 dall'astronomo Hevelius. La fece con una così scrupolosa esattezza che volle anche prendersi la fatica di inciderla egli medesimo. Quando trattossi di dar un nome alle differenti macchie incluse nella sua carta, esitò fra i nomi dei personaggi celebri e quelle delle diverse regioni del mondo allora conosciute. Egli confessa ingenuamente che rinunciò a valersi dei nomi d'uomini, « per timore di inimicarsi quelli che per avventura potesse aver dimenticato, o che avessero trovato d'esser stati tenuti in troppo picciol conto ». Si decise dunque a trasportare nella Luna i nostri mari, le nostre città, le nostre montagne. Riccioli, che fece una seconda carta qualche tempo dopo Hevelius, mostrò maggior ardimento, e nella carta, che fu il frutto delle osservazioni del suo collaboratore ed amico Grimaldi, adottò la nomenclatura a cui Hevelius aveva rinunciato. Si fece a questo astronomo il rimprovero d'aver fatto troppo larga parte

ai suoi confratelli della Compagnia di Gesù e di essersi egli stesso collocato fra i dotti favoriti. Ma la posterità non tenne conto di questa insignificante sconvenienza, e la nomenclatura di Riccioli prevalse.

Dopo quell'epoca, la superficie della Luna fu studiata da un gran numero di astronomi, specialmente nel nostro secolo, da Beer e Mædler, Lohrmann, Schmidt, Neison, che costrussero delle carte sempre più complete e minute. Per orientarci finalmente in questo viaggio non occorre che ci serviamo di una carta tanto complicata, e la più chiara che noi possiamo scegliere è ancora la piccola carta francese di Lecouturier e Chapuis, che qui riproduco, leggermente modificata in seguito ad osservazioni mie particolari.

Poniamoci innanzi la carta. Le grandi pianure grigie vi sono indicate coi loro nomi di mari, ch'esse portano già da più di due secoli, e le principali montagne sono contrassegnate da cifre corrispondenti ai nomi scritti da ciascuna parte della figura. La geografia lunare è divisa in latitudini (linee orizzontali) e in longitudini (linee verticali) come la geografia terrestre.

Esaminiamo rapidamente questa superficie generale. Osserviamo dapprima che le grandi macchie grigie e oscure occupano di preferenza la metà boreale od inferiore del disco, mentre le regioni australi o superiori sono bianche e montuose; tuttavia, da una banda, questa tinta luminosa si ritrova sul lembo nord-ovest, nonchè verso il centro, e, d'altra parte, le macchie invadono le regioni australi verso oriente, nel mentre che si spingono al basso, ma non tanto, verso ovest. Seguiamo dapprima sulla carta la distribuzione delle pianure grigie o mari, ed abbozziamo la geografia lunare.

Cominciamo la nostra descrizione dalla parte occidentale del disco lunare, quella che è richiamata per la prima dopo il novilunio, allorchè una sottilissima falcatura si disegna nel cielo al crepuscolo e s'allarga di giorno in giorno, per diventar primo quarto nel settimo giorno della lunazione (è la destra per l'occhio nudo, la sinistra sulla carta). Là, non lungi dal lembo si distingue una piccola macchia, di forma ovale, isolata, in mezzo ad un fondo luminoso. Le fu dato il nome di *mare delle Crisi*.

Non vuolsi attribuire alcun senso speciale a questo nome di *mare:* è la denominazione comune sotto cui i primi osservatori hanno indicate tutte le grandi macchie grigie della Luna: prendevano quegli spazî per grandi estensioni d'acqua. Ma oggidì noi sappiamo non esservi acqua, nè lì, nè in qualunque altra regione lunare. Sono semplicemente vaste pianure.

La situazione del mare delle Crisi, sul contorno occidentale della Luna, permette di riconoscerlo ad occhio nudo, dalle prime fasi della lunazione fino al plenilunio; per la medesima ragione esso è il primo a sparire appena la luna comincia a scemare.

A destra del mare delle Crisi, alquanto al nord (a destra verso il basso

sulla carta) vedesi una macchia più grande e di forma irregolarmente ovale che pure si riconosce agevolmente ad occhio nudo: è il *mare della Serenità.*

Tra quelle due spianate grigie, superiormente, se ne distingue una terza, i cui dintorni sono meno regolari, e che chiamasi *mare della Tranquillità.* Essa spinge verso il centro del disco un golfo che ricevette il nome di *mare dei Vapori.*

Il mare della Tranquillità stendesi in due rami che rappresentano le gambe del corpo umano che alcuni credono veder nella Luna. Il ramo più prossimo al lembo forma il *mare della Fecondità;* il più vicino al centro è il *mare del Nettare.*

Distinguesi ancora sotto il mare della Serenità, e in vicinanza al polo boreale, una macchia rettilinea che s'allunga dall'est all'ovest, e nota sotto il nome di *mare del Freddo.*

Tra i mari della Serenità e del Freddo si estendono il *lago dei Sogni* e il *lago della Morte,* lugubre eco dell' astrologia. Le *Paludi della Putrefazione* e *delle Nebbie* occupano la porzione occidentale del *mare delle Pioggie,* la cui riva settentrionale forma un golfo arrotondato, contraddistinto col nome di *golfo delle Iridi.*

Tutta la parte del disco lunare situata a levante è uniformemente oscura. I lembi dell'immensa macchia scompajono confondendosi colle parti luminose dell'astro. La porzione nord di questa macchia è formata dal *mare delle Pioggie,* che dà origine ad un golfo che sbocca nell'*oceano delle Tempeste,* in cui brillano due grandi crateri *Keplero* ed *Aristarco.* Le parti più meridionali di quest'oceano mal definito sono designate, verso il centro, col nome di *mare dei Nembi,* e verso il contorno, con quello di *mare degli Umori.*

Merita considerazione il fatto che *la maggior parte di quelle pianure hanno contorni arrotondati;* per esempio il mare delle Crisi, il mare della Serenità e anche il vasto mare delle Pioggie, limitato al sud dai Carpazi, al sud-ovest dagli Apennini, a ponente dal Caucaso e al nord-ovest dalle Alpi.

Al di fuori di queste macchie, che occupano all'incirca un terzo del disco lunare, l'osservatore non discerne ad occhio nudo che alcuni punti luminosi confusi. Tuttavia, nella regione superiore, si può riconoscere coll'occhio anche disarmato la principale montagna della Luna: il cratere *Ticone,* che brilla di una viva luce bianca, e manda dei raggi a gran distanza intorno a sè.

Non dimentichiamo la raccomandazione fatta più sopra: le carte della Luna sono disegnate a rovescio, come si vede l'astro in un cannocchiale; per confrontare la Luna vista ad occhio nudo colla nostra carta, bisogna dunque capovolgere questa e collocare il nord in alto e l'ovest a destra.

Tutti codesti terreni lunari furono esattamente misurati. La superficie dell'emisfero che noi vediamo all' istante del plenilunio misura 1 182 500 leghe

quadrate. La parte montuosa, che in generale predomina, estendesi per 830 000 leghe quadrate, e la regione occupata dalle macchie grigie abbraccia 352 500 leghe quadrate.

È facile farsi un'idea esatta della grandezza osservando la scala chilometrica tracciata al basso della carta. Il diametro angolare della Luna essendo di 31′ 24″ (vedi la pag. 109), ed il suo diametro reale essendo di 3484 chilometri (vedi pag. 112), un secondo di arco rappresenta 1849 metri, ed un minuto rappresenta 111 chilometri. La proporzione diminuisce dal centro alla circonferenza, poichè la Luna non è piatta, ma sferica, e la prospettiva della projezione cresce man mano che si va più vicino ai lembi.

Tale è il primo aspetto generale della geografia lunare, o della *selenografia*.

Facciamoci adesso un'idea generale delle montagne. La carta qui riprodotta dà i nomi di 61 delle principali.

Basta osservar la Luna con un cannocchiale di un debole ingrandimento per riconoscer subito che la sua superficie presenta scabrosità o rilievi molto pronunciati. La fig. 64, che rappresenta la Luna veduta in un piccolo cannocchiale, due sere avanti il primo quarto, ci ha già dato un'idea di questo primo aspetto. L'irregolarità del lembo interno mette benissimo in evidenza la rugosità della superficie. Si vedono, inoltre, fino ad una certa distanza da quel lembo, delle cavità circolari rischiarate obliquamente e delle ombre molto caratteristiche. Quelle ombre, osservate parecchî giorni di seguito, aumentano o diminuiscono di lunghezza e d'intensità, secondochè l'inclinazione dei raggi solari, sulla parte corrispondente della superficie della Luna, varia in un senso o nell'altro. Si è dunque saputo, fin dal principio delle osservazioni, che la Luna è un globo solido, disseminato di crateri.

Ho disegnato nel 1866 una regione lunare molto singolare (il marè della Serenità e le sue vicinanze) che porge un'idea molto esatta della diversità che passa fra i paesi di pianura e i paesi montuosi su questo piccolo mondo vicino. Come vedremo più innanzi, l'attenzione degli astronomi era stata specialmente richiamata su questa regione da un cambiamento probabile accaduto nel piccolo cratere di Linneo (sulla riva destra del mare); ma l'aspetto di questo disegno (fig. 65) mostra ad evidenza da una parte la natura sabbiosa, rugosa, ondulata del suolo dei « mari » lunari, dall'altra la natura crateriforme di tutte le montagne.

Volendo apprezzare dal punto di vista geologico l'insieme delle formazioni montuose del nostro satellite, consideriamone la regione australe.

Ad occhio nudo si discerne, nella parte inferiore della Luna (in alto sulla carta), un punto bianco assai splendente, da cui partono dei raggi. Un semplice binocolo lo scopre benissimo. È la famosa montagna del *Ticone*. Essa occupa, unitamente alle catene che ne irradiano in tutte le direzioni, il centro

della regione australe, del disco lunare, ed è quindi logico che si cominci da essa la descrizione delle montagne della Luna. È in vero il più colossale e maestoso di tutti quei monti. Esso presenta un cratere spalancato in forma

Fig. 64. — Porzione della Luna veduta da un piccolo cannocchiale.

di circo, avente circa ventitrè leghe (92 chilometri) di diametro, e che si discerne col mezzo di un cannocchiale astronomico di mediocre potenza.

Questa montagna, d'altra parte, sembra essere il gran centro in cui l'azione

vulcanica si è esercitata, alla superficie del globo lunare, colla più grande energia; colà gli sgorghi di lave, invece di unirsi per formare degli strati,

Fig. 65. — Topografia lunare. Mare della Serenita.

sono conservati tali quali erano all'epoca in cui la forza vulcanica si faceva sentire.

All'istante del plenilunio, Ticone è circondato da un' aureola luminosa, di

un irraggiamento così vivido da abbarbagliare, ciò che impedisce di osservare le curiosità geologiche del cratere.

Per farci un'idea dell'aspetto delle montagne lunari, esaminiamo dettagliatamente una montagna anulare tipica, quale è, per esempio, quella di Copernico (N.° 7, parte inferiore, lato destro), che è una delle più belle e delle più interessanti di tutta quanta la Luna. Questo vasto circo misura 90 chilometri di diametro. Nel plenilunio ne partono, come da Ticone, delle irradiazioni vivissime. Quando il sole non l'illumina di faccia, si possono distinguere le montagne centrali che s'ergono dal fondo del suo cratere, e i due versanti del circo anulare che ne forma la cinta. L'interno del cratere, del resto abbastanza scosceso, presenta esso medesimo una tripla cintura di rupi spaccate e un gran numero di grossi frammenti ammucchiati al piè dello scoscendimento, quasi fossero massi staccati dalle alture del monte, e precipitati al basso. Il cratere presenta due grandi tacche, o piuttosto due crepacci alle estremità del diametro nord e sud. Il fondo del circo è pressochè piano; ma nel centro veggonsi ancora le ruine del picco centrale ed una congerie di avanzi di scoscendimenti. Vedasi la bella incisione inglese originale (fig. 66) di Chambers *(from the Clarendon Press, Oxford)*. — Vedi pag. 160.

Esternamente al gran cratere, una moltitudine di linee irradianti, formate per la maggior parte da piccoli coni allineati, si alternano con burroni di una certa profondità.

È questo veramente il tipo di tutte le montagne lunari. Esse son tutte incavate. I fianchi della montagna che circonda ciascun circo sono tagliati quasi a picco sino ad una profondità che varia dai tre ai quattromila metri. V'ha, nelle Alpi lunari, monti che cedono in altezza al Caucaso ed agli Apennini di questo astro, una valle trasversale, molto larga, che taglia la catena nella direzione da sud-est a nord-ovest. Essa è fiancheggiata da vette che si elevano sul suolo della valle più che nol sia il Picco di Teneriffa sul livello del mare. Notiamo che l'altezza di questo picco è già di tremilasettecento metri.

Si sono contati sulla Luna più di cinquantamila crateri, tra grandi e piccoli.

Le altezze di tutte le montagne della Luna sono misurate metro più metro meno (altrettanto non si potrebbe dire di quelle della Terra).

Ecco le più elevate:

Monti Leibnitz	metri	7610	Cratere di Curzio	metri	6769
» Dœrfel	»	7603	Calippo (Caucaso)	»	6216
Cratere di Newton	»	7264	Cratere di Ticone	»	6151
» di Clavio	»	7091	Huygens (Apennini)	»	5560
» di Casato	»	6956	Short, vicino a Newton	»	5500

I monti Leibnitz e Dœrfel trovansi presso il polo sud. Queste due catene veggonsi qualche volta di profilo durante le eclissi di Sole; le ho anche recentemente osservate e disegnate durante l'eclisse del 10 ottobre 1874. Ai poli

lunari (ove del resto non scorgonsi nevi nè ghiacci), sonvi montagne così stranamente situate che le loro vette non conoscono notte; *giammai* il Sole è tramontato per esse! Si possono chiamare *i monti della luce eterna.*

Quali dimensioni son quelle dei crateri lunari! I più vasti vulcani terrestri in attività non raggiungono i mille metri di diametro. Se si considerano gli antichi circhi dovuti alle eruzioni anteriori, si trova che il carico esterno del M. Somma, che contorna il cono vesuviano, misura 3600 metri, e che quello della Valle del Bove sull'Etna ne misura 5500. Alcuni circhi formati da vulcani spenti, offrono dimensioni più vaste; tali sono, per esempio, il circo del Cantal, la cui larghezza è di 10 000 metri; quello dell' Oisans nel Delfinato, che non ha meno di 20 chilometri, e finalmente quello dell' isola di Ceylan, il più vasto del globo, il cui diametro si valuta di 70 chilometri.

Ma che cosa è ancora una siffatta dimensione a fronte a quella di parecchî circhi della Luna? Invero, il circo di Clavio presenta un diametro di 210 chilometri; quello di Schickard, di più che 200; quello di Sacrobosco, di 160; quello di Petau oltrepassa i 150, ecc. Sul nostro satellite si contano una ventina di circhi il cui diametro misura più di 100 chilometri. E la Luna è quarantanove volte più piccola della Terra!

In quanto all'altezza delle montagne, le più elevate nel nostro satellite sono bensì mille metri al disotto di quelle del pianeta; ma si può dire tuttavia, in ragione di questa lieve differenza, gigantesca relativamente alle piccole dimensioni dell'astro che le porta. A pari proporzioni, il satellite è molto più montuoso del pianeta, e i giganti plutonici vi si trovano in ben maggior numero che qui. Se v'hanno fra noi dei ricchi come il Gaurisankar, il più eccelso nella catena dell'Himalaja e di tutto il globo, la cui altezza di 8837 metri, eguaglia $\frac{1}{1440}$ del diametro terrestre, si trovano sulla Luna dei picchi di 7600 metri, come il Dœrfel e il Leibnitz, la cui altezza equivale alla 470ª parte del diametro lunare.

Affinchè il confronto però riesca esatto, bisogna supporre che tutta l'acqua del nostro globo sia scomparsa e prendere il rilievo dei terreni partendo dal fondo dei mari; l'altezza delle Alpi sul fondo del Mediterraneo, o quella dei Pirenei sull'oceano Atlantico aumenta per tal guisa in modo rimarchevole. Dietro gli scandagli marittimi più recenti, le altezze delle più alte cime del globo si possono ritener raddoppiate. Il rilievo dell'Himalaja sopra il fondo dei mari rappresenta dunque non più la 1440ª parte, ma solamente la 720ª parte del diametro del globo.

Nonostante questa correzione, sta ancora che le montagne lunari sono relativamente più alte delle terrestri. Perchè i nostri monti avessero lo stesso rapporto di altezza, bisognerebbe che l'Himalaja si spingesse colle sue vette ad un'altezza verticale di 13 chilometri. Ci fa dunque altrettanto meraviglia

il veder sulla Luna delle cime di più di 7 chilometri, quanta ce ne farebbe il vederne sulla Terra dell'altezza di 12 chilometri e più.

Le montagne della Luna sono d'origine vulcanica.

Questo è un fatto capitale che emerge direttamente dalla forma arrotondata anulare delle grandi valli, dei circhi e di tutte le cavità più piccole, alle quali venne dato, come si è veduto, il nome di crateri.

L'esistenza dei crateri, la forma tormentata di questi circhi vulcanici, la

Fig. 66. — Montagna lunare di Copernico. — Tipo dei grandi crateri.

loro enorme grandezza e il loro numero prodigioso, provano che la Luna è stata anticamente, come la Terra, e più ancora di questa, teatro di rivoluzioni formidabili. Essa pure cominciò dallo stato fluido, poi si è raffreddata e coperta di una solida corteccia.

Questa scorza fu la sede dei fenomeni geologici, le cui tracce sussistono oggidì sotto la forma di asperità di dimensioni diversissime; le cause di questa serie di produzioni sono, senza verun dubbio, le forze espansive dei gas e dei vapori che l'alta temperatura del nucleo incessantemente sviluppava.

In origine, la buccia solida della Luna, meno grossa, era appunto per ciò meno resistente, e siccome non era per anco stata sconvolta da scosse ante-

Fig. 67.
Gli Appennini lunari, le scanalature e i tre crateri di Archimede, d'Aristillo di Autolico.

riori, doveva presentare in tutti i suoi punti la stessa omogeneità e lo stesso spessore. La forza espansiva dei gas, agendo allora perpendicolarmente agli

strati superficiali e secondo le linee di minima resistenza, dovette rompere l'inviluppo e produrre dei sollevamenti di forma circolare. Bisogna senza dubbio riferire a quel periodo primitivo la formazione delle circonvallazioni il cui interno è ora occupato dalle spianate che chiamiamo mari. Abbiamo già fatto notare la forma circolare del mare delle Crisi, e di quelli della Serenità, delle Pioggie e degli Umori. Le loro cinte sconnesse e mezzo rovinate da posteriori rivoluzioni, formano ancora og gi le serie più lunghe di asperità che si veggano sul suolo della Luna, le catene dei monti Carpazî, degli Appennini, del Caucaso, delle Alpi e dei monti Emo e Tauro.

Seguirono poi nuovi sollevamenti, i quali però, avendo avuto luogo in epoca in cui la crosta del globo lunare aveva raggiunto un maggiore spessore, od essendo prodotti da forze elastiche meno energiche, diedero origine ai circhi più vasti, già però molto inferiori per dimensioni alle formazioni primitive. Tali pajono essere i circhi di Shickardt, Grimaldi e Clavio.

Apparvero in appresso gli innumerevoli crateri di dimensioni mezzane che pullulano su tutto il suolo della Luna, e un gran numero de' quali si formarono nel senso stesso delle circonvallazioni primitive. S'intende agevolmente la ragione della successiva diminuzione di questi anelli geologici. Ciascun d'essi è dovuto ad un sollevamento in forma di bolla; ora le dimensioni di siffatte specie di ampollosità dovettero essere in rapporto colla intensità della forza interna che le produceva, e colla resistenza della crosta solida, o piuttosto pastosa del globo lunare. È probabile che queste due cause sieno concorse a produrre gli effetti notati di sopra, di guisa che in generale le prime a formarsi furono le circonvallazioni più grandi.

Osserviamo altresì che il suolo lunare presenta due aspetti ben distinti. Il primo, più bianco, rappresenta quello che fin da principio fu chiamato suolo continentale; è quello delle regioni montuose che coprono quasi tutta la plaga australe. La sua struttura porosa, il suo gran potere riflettente, e sopratutto la sua elevazione sopra le pianure, lo hanno fatto distinguere nettamente dal suolo livellato, che per il suo colore oscuro, la sua superficie liscia, prende tutte le apparenze di una pianura d'alluvione. Quest' ultimo deve esser stato occupato da veri mari. Le sponde ricordano ancora ai nostri occhî l'azione delle acque. Che cosa divennero quei mari? Certamente essi, in tutti i secoli, furono molto meno importanti e molto meno densi degli oceani terrestri, ed è probabile che siano stati lentamente assorbiti dal suolo permeabile, sul quale essi estendevansi. Forse qualche residuo liquido e qualche umidità rimane ancora nei bassi fondi.

La nostra fig. 67 rappresenta una delle regioni polari più notevoli, la catena degli *Appennini* che fiancheggia il vasto mare delle Pioggie, donde venne a questa parte il nome poco elegante e proprio immeritato di *palude della*

Putrefazione. Questa vasta catena di monti non misura meno di 270 chilometri di lunghezza, e le sue cime più alte oltrepassano i 5000 metri. Queste vette illuminate dal sole e projettanti le loro grandi ombre nere sono davvero maravigliose a vedersi, il dì prima, lo stesso giorno del primo quarto e il dì seguente. Il gran cratere spalancato che apresi di sotto è Archimede il

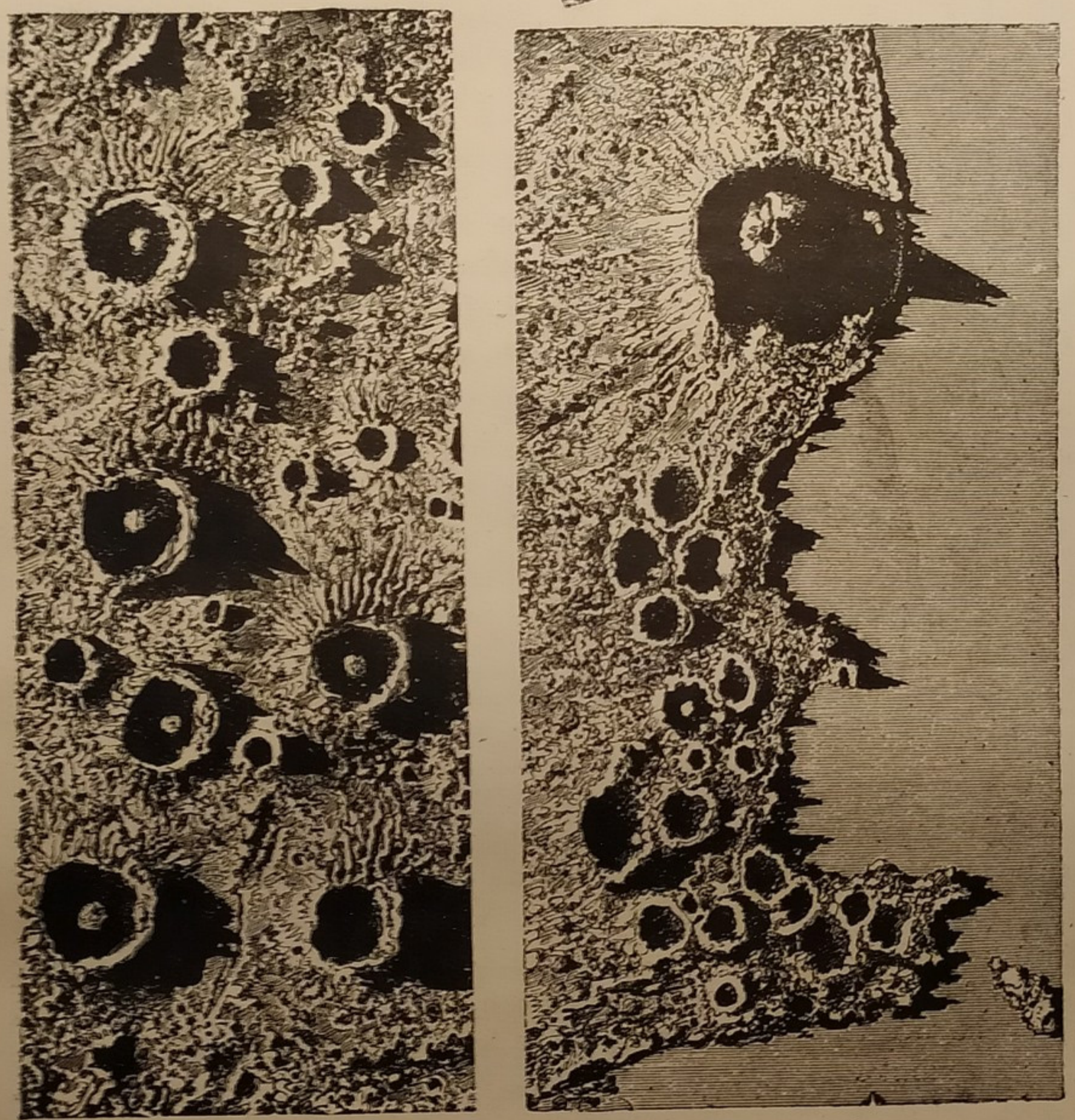


Fig. 68. — Topografia di un distretto vulcanico lunare
paragonata con quella di un distretto vulcanico terrestre (Napoli).

cui diametro conta 83 chilometri di lunghezza e la cui altezza è di 1900 metri. Di fianco ad esso osservansi due altri crateri: il primo a ponente (il più alto) è Aristillo, l'altro, sotto, è Autolico.

Questa stessa figura mostra le bizzarre scanalature o fenditure che si sono aperte attraverso certe pianure lunari. Una di esse comincia al contrafforte

sud di Archimede e si estende per circa 150 chilometri; larga dapprima un chilometro e mezzo, va poi restringendosi; l'altra si diparte dal versante opposto del cratere e discende serpeggiando verso il nord. Queste fessure hanno parecchî *chilometri* di profondità, e, in certi luoghi, gli scoscendimenti ne hanno otturato il fondo. Le loro pareti sono quasi a picco. Due altri solchi considerevoli corrono lungo gli Appennini, ora illuminati, ora nascosti nell'ombra delle gigantesche montagne, fiancheggiati da precipizî di una profondità spaventosa: i picchi projettano i loro contorni ad una distanza di più di 130 chilometri (1).

Si vede pertanto esservi una differenza essenziale di forma tra le montagne lunari e terrestri. Tutte le montagne della Luna sono cave! e il fondo delle loro cavità trovasi quasi sempre al di sotto del medio livello esterno, poichè l'altezza della cornice misurata esternamente non è che la metà o un terzo della profondità effettiva del loro cratere. Alcuni distretti terrestri

Fig. 69. — Tipo di una montagna lunare.

offrono però una rassomiglianza, almeno apparente, con talune parti della superficie lunare, somiglianza che sembrerebbe più sensibile, se queste regioni potessero essere vedute da lontano con un telescopio. L'esempio che più comunemente si cita in proposito è il Vesuvio col paese circonvicino, noto sotto la denominazione di *campi flegrei*. Siffatta somiglianza è invero così spiccata, che si potrebbe chiamare la Luna un vasto campo flegreo. I nostri lettori potranno del resto farsene un'idea osservando la fig. 68, disegnata sopra due fotografie di tavole topografiche in rilievo, rappresentanti un distretto vulcanico lunare ed uno terrestre collocati al fianco l'uno dell'altro, confronto dovuto ai signori Nasmyth e Carpenter. Il disegno di destra rappresenta il golfo di Napoli col Vesuvio, la Solfatara, Pozzuoli, Cuma, Baja e l'isola d'Ischia, di poetica memoria. È una topografia in rilievo, lo scheletro del vivente e lussureggiante paesaggio di Napoli, disteso freddamente sopra una tavola anatomica, e rischiarato obliquamente dalla luce solare al par del

(1) Vedasi nella mia opera *Le Terre del Cielo*, la fotografia di questa regione, nonchè la fotografia diretta della Luna, fatta due di dopo quello del primo quarto.

rilievo lunare col quale è confrontato. Il Vesuvio, che è uno dei maggiori vulcani europei, non sarebbe nella Luna fuorchè uno di quei piccoli crateri appena visibili intorno a Copernico ed agli altri giganti lunari. Siffatta sproporzione potrebbe per avventura far dubitare del carattere vulcanico dei crateri della Luna, se non vi si fosse riscontrato, come sulla Terra, quel cono centrale che è incontrastabilmente prodotto dagli estremi conati della bocca vulcanica, la quale projetta nei suoi ultimi sospiri le dejezioni affievolite di un focolare che si spegne.

Fig. 70. — Cratere spento in Islanda; imagine dei paesi lunari prima della scomparsa delle acque.

Il tipo delle montagne lunari è rappresentato nella nostra fig. 69, che è forse ancora un po' troppo terrestre, perchè il disegnatore avrebbe dovuto far riuscire il fondo del cratere più basso del terreno esterno circostante. Del resto, s' incontrano anche in certe formazioni terrestri degli aspetti affatto lunari. Alcune volte la Jungfrau, nelle Alpi, veduta da Interlaken, si vede illuminata, al tramonto, in tal guisa da ricordare in modo straordinario certe alpi lunari. L'illusione è quasi completa nel cratere spento presso il monte Hecla (Islanda), rappresentato dalla fig. 70. Eccoci qui trasportati assolutamente sulla Luna all'epoca che precedette la scomparsa delle acque.

Del resto, senza andar tanto lontano, abbiamo nel centro stesso della Francia, sugli antichi altipiani dell'Alvernia, fig. 71, alcuni coni di vulcani spenti che rappresentano in piccolo ciò che il mondo lunare ci offre in grandi proporzioni su quasi tutta la sua superficie. Come si vede, fra la Terra e la Luna non v'ha che una differenza di grado, dovuta alla natura speciale del nostro satellite, e principalmente alla poca intensità della gravità alla sua superficie.

I paesaggi lunari nelle regioni montuose debbono offrire un carattere veramente grandioso e affatto speciale. Le vette succedono alle vette, illuminate dal sole, in una prospettiva aerea appena sensibile, e in una luce strana, che rischiara, senza spegnerle, le stelle di un cielo costantemente crepuscolare. Si sente già lì un altro mondo.

Le descrizioni topografiche che abbiam fatto, e le descrizioni che ne risultano, si applicano solamente all'emisfero lunare che noi vediamo. Tutti sanno infatti che noi vediamo sempre la stessa faccia della Luna e che v' ha un lato del globo lunare che nessun abitante della Terra ha mai veduto e non vedrà mai. Girando intorno a noi, il nostro satellite ci presenta costantemente la stessa metà, come se fosse rimasto attaccato alla Terra da una spranga di ferro. Non si è completamente liberato dalla nostra attrazione, e gira semplicemente intorno al globo terrestre come lo faremmo noi medesimi se ci ponessimo in viaggio per fare il giro del mondo. A quel modo che noi abbiam sempre i piedi sul suolo, così i suoi piedi, ossia il suo emisfero inferiore, sono sempre rivolti verso la Terra.

Un aerostato che facesse il giro del mondo ci dà un' imagine esatta del moto della Luna intorno alla Terra: esso compie lentamente un giro sopra sè stesso durante il suo viaggio, poichè, quando passa agli antipodi, la sua posizione è diametralmente contraria a quella che aveva al suo punto di partenza, a quella guisa che i nostri antipodi hanno una posizione diametralmente opposta alla nostra. Al modo medesimo, la Luna compie una rotazione precisamente nel tempo stesso che compie una rivoluzione. Se non fosse così, cioè se essa non girasse affatto sopra sè stessa, noi vedremmo successivamente tutti i suoi lati durante la sua rivoluzione.

Il fatto del presentarci la Luna sempre la medesima faccia, fece supporre che essa sia allungata come un uovo nella direzione della Terra. Uno degli astronomi che più si occupavano della teoria matematica della Luna, Hansen, era persino giunto a conchiudere che il centro di gravità dovrebbe esser situato alla distanza di 59 chilometri al di là del centro della figura; che l'emisfero che si prospetta è nella condizione di un'alta montagna e che « l'altro emisfero può benissimo possedere un'atmosfera come tutti gli altri elementi della vita vegetale ed animale », stantechè sarebbe situato al di sotto del livello medio.

Abbiam detto che la Luna ci presenta sempre la medesima faccia, ma ciò devesi intendere solo all'ingrosso, giacchè, siccome essa si muove ora un poco più presto, ora un poco più adagio, e siccome trovasi ora un tantino più in alto, ora più in basso, essa ci mostra talvolta un po' del suo lato sinistro, tal altra un po' del suo lato destro, un giorno una porzioncella al di là del polo superiore, e un altro giorno un'altra porzioncella al di là del polo inferiore.

Queste sue oscillazioni diconsi *librazioni*. La conseguenza di questo fatto

Fig. 71. — Vulcani spenti dell'Alvernia; imagine dei paesaggi lunari attuali.

è che noi ne vediamo accidentalmente un poco più della metà; la porzione sempre nascosta sta a quella visibile nel rapporto di 42 a 58. (La stima di Arago, 43: 57 è alquanto troppo debole; realmente ne vediamo un po' più).

La topografia lunare è la medesima su quegli otto centesimi visibili dell'emisfero nascosto, come sopra tutta la superficie dell'altro. È dunque probabile che quell'altro emisfero non diversifichi geologicamente dal visibile in modo essenziale.

Sarebbe senza dubbio per noi cosa molto gradita il saper davvero come è fatto questo emisfero; ma noi certo, finchè siam vivi, non possiamo andarvi, con nostro grande sconforto. Lo sapremo forse qualche giorno, forse un po' tardi. Questo *desideratum* astronomico ci ricorda la insistente preoccupazione di quel povero astrologo che aveva molto amato la Luna durante la sua vita, ma viceversa aveva onorato molto meno uno de' grandi signori del suo tempo, discendente da un ladro da strada maestra, molto burbero e assai irascibile. Il buon uomo fu condannato all'impiccagione. Per addolcire la sua ultima ora, un dottore della Sorbona si sbracciava a descrivergli la felicità di cui avrebbe goduto tra breve in cielo. « Ah! signore — disse il paziente; — non è questa ignota felicità che può maggiormente consolarmi in tale istante; io non vi penso nemmeno; ma vi confesso francamente che *ciò che mi farà maggiormente piacere parlendo, sarà di veder la Luna per di dietro!* »

CAPITOLO V.

L'atmosfera della Luna.
Condizioni di abitabilità del mondo lunare.

Abbiamo, non ha guari, veduto che il mondo lunare presenta col nostro, sotto il punto di vista geologico, considerevoli analogie, con differenze tuttavia essenziali, per la esagerazione del suo carattere vulcanico. Vogliamo ora entrare un po' più addentro nell'esame della sua costituzione fisica. Consideriamo anzitutto che l'atmosfera aerea che involge il nostro globo e ne bagna la intera superficie colle sue onde azzurrine, è intimamente collegata alla vita: è dessa che ammanta l'arido suolo di un sontuoso tappeto vegetale, di folte e popolate foreste, di verdeggianti praterie, e di una infinita varietà di piante ricche di fiori e di frutti. Attraverso ad essa scende il raggio fecondatore del sole; in essa formasi la nube dai molli contorni, che si scioglie in pioggia benefica; in essa scoppia l'uragano, e l'arcobaleno spiega la sua rifulgente corona sopra il paesaggio vaporoso e profumato. Essa penetra, fluido vivificante, nei nostri polmoni che respirano, schiude la fragile esistenza del neonato e riceve l'ultimo sospiro del moribondo steso sul suo letto di dolore. L'atmosfera è certamente il più importante di tutti gli elementi di ciò che diciamo costituzione fisica di un astro. Senza atmosfera, senza questo inviluppo gasoso in cui gli esseri organizzati attingono incessantemente il più importante elemento della loro esistenza, ci è impossibile imaginare altro che la immobilità e il silenzio della morte.

Non possiam concepire che animali o vegetali, siano pure dell'infimo ordine, possano vivere e svilupparsi altrove che in un mezzo fluido, elastico e mobile, fra le cui molecole e quegli organismi esista un continuo scambio di forze. È vero, senza dubbio, che noi siamo ben lontani dal conoscere tutte le forme sotto cui la vita può manifestarsi; ma, a meno di uscire dal dominio dei fatti osservati, per entrare in quello della fantasia, noi siam pur costretti a convenire che l'atmosfera ci pare una delle condizioni più essenziali per l'esistenza di esseri organizzati.

Dico *ci pare,* inquantochè non è dimostrato che la Natura sia incapace di produrre degli esseri organizzati in modo da poter vivere senz'aria. Alcuni lo negano assolutamente, e noi non contraddiremo loro. Ma il motivo della

nostra riserva non è difficile a intendersi. Se qualcuno, prima di aver osservato almeno uno degli innumerevoli esseri viventi che popolano le acque del nostro pianeta, e prima di aver avuto notizia della loro esistenza, venisse tutt'a un tratto a cognizione che è possibile nascere, respirare e muoversi nell'acqua, s'egli volesse riferirsene alla sua sola esperienza che gli insegna, essere mortale la prolungata immersione in un liquido, quella notizia gli cagionerebbe la più alta maraviglia. Tale sarebbe il nostro stupore, se mai venisse ad essere dimostrata, dietro prove irrecusabili, l'esistenza di esseri viventi alla superficie della Luna. Ma la natura è tanto variata nei suoi modi d'azione, è così proteiforme — se ci è permessa l'espressione — nella manifestazione della sua potenza, che non possiamo trovarvi nulla d' impossibile.

Nessuna questione fu più vivamente e più variamente controversa quanto quella dell'esistenza di un'atmosfera intorno alla Luna. La soluzione doveva, senza verun equivoco, farci sapere se il nostro satellite può essere abitato da animali dotati di una organizzazione *analoga* alla nostra.

L'attenta osservazione di questo globo vicino non tardò a dimostrare che se esiste un'atmosfera intorno alla Luna, essa non dà mai origine a nessuna nube, come fa quella nel cui mezzo noi viviamo, perocchè quelle nubi velerebbero al nostro occhio qualche porzione della superficie dell'astro e ne risulterebbero delle variazioni di aspetto, delle macchie bianche più o meno estese e dotate di diversi movimenti. Invece il disco della Luna si presenta sempre colle stesse apparenze, e nulla mai impedisce la vista dei medesimi dettagli.

Da tutto ciò noi inferiamo dunque che l'atmosfera della Luna, se pur esiste, si conserva sempre affatto trasparente. Ma possiamo andare ancor più in là. Qualunque atmosfera produce dei crepuscoli. Siccome una metà della Luna riceve direttamente la luce del sole, i raggi solari cadenti nelle alte zone di quest'atmosfera al di sopra delle regioni ancora immerse nella notte diffonderebbero, lungo il lembo oscuro, un tal qual chiarore che gradatamente crescerebbe fino all'emisfero illuminato. La Luna, veduta dalla Terra, dovrebbe dunque presentare una sfumatura insensibile di luce lungo il circolo di delimitazione. Ebbene: nulla di tutto ciò: la parte rischiarata e la parte oscura sono separate l'una dall'altra da una linea nettamente finita. Questa linea è più o meno sinuosa e irregolare a cagione delle montagne, ma non presenta veruna traccia di quel degradamento di luce. Si vede dunque che, se la Luna ha un'atmosfera, questa dev'essere debolissima, poichè il crepuscolo a cui dà luogo è impercettibile affatto.

V'ha un altro mezzo, e più preciso, per accertarsi dell'esistenza d'un'atmosfera sulla Luna. Allorchè questa, in virtù del suo moto proprio attraverso la sfera celeste, viene a passare davanti ad una stella, è facile avvertire così

l'istante preciso della scomparsa della stella, come l'istante preciso della sua riapparizione, e dedurre la durata dell'occultazione della stella (1). D'altra parte si può determinare esattamente, mediante il calcolo, la linea che la stella percorre dietro il disco lunare durante l'occultazione, e dedurne quindi il tempo che la Luna impiega ad avanzarsi nel cielo d'un tratto eguale a quella linea.

Ora, per poco che i raggi della stella fossero deviati dal loro cammino dall'azione rifrangente d'un'atmosfera qualsiasi, invece di sparire all'istante preciso in cui la Luna viene a toccarla, la stella rimarrebbe visibile per qualche tempo dopo, perchè i raggi sarebbero piegati da quell'atmosfera; per la stessa ragione la stella comincierebbe a riapparire dal lato opposto alquanto prima che l'occultazione fosse interamente finita: la durata di questa sarebbe dunque necessariamente accorciata. Ma si trova invece generalmente una concordanza perfetta fra il calcolo e l'osservazione. Inoltre la luce della stella non patisce indebolimento alcuno. Si potè così riconoscere che se nella Luna esiste un'atmosfera, essa è meno densa, sui lembi dell'emisfero lunare, dell'aria che rimane sotto la campana delle macchine pneumatiche, dopo che vi si è fatto il vuoto.

Ma v'ha di più: allorchè la Luna passa dinanzi al Sole e lo occulta, il suo contorno si presenta sempre assolutamente netto e senza penombra.

Ho osservato con diligenza a quest'uopo, parecchie eclissi ed occultazioni, specialmente l'occultazione di Venere dietro la Luna, che ebbe luogo il 14 ottobre 1874 a tre ore pomeridiane, mentre il cielo era purissimo e il sole splendidissimo. Il bel pianeta presentava nel telescopio una sottil falce, dello stesso ordine di quella della Luna al suo quarto giorno di età, relativamente però alquanto più larga, visibilissima e nettamente disegnata. La Luna impiegò a passare dinanzi a Venere un'ora e quattordici minuti. I tre momenti principali del passaggio di Venere dietro il disco lunare, e quelli dell'uscita sono rappresentati nei piccoli disegni della figura 74. Non si scorse la più leggiera penombra, nè la più lieve deformazione che indicasse la presenza della più sottile atmosfera lunare.

L'analisi spettrale (2), di cui esporremo tra breve i principî e i procedi-

---

(1) Un corpo celeste può celarsi al nostro sguardo in due modi: per *eclisse* o per *occultazione*. Per eclisse propriamente parlando, quando entra nell'ombra portato da un altro corpo dietro cui passa, essendo in opposizione col Sole; — per occultazione quando passa dietro un corpo celeste che lo maschera, trovandosi così in opposizione con noi. IL TRAD.

(2) Si dà il nome di *spettro* all'imagine di una sorgente luminosa ricevuta sopra uno schermo o nell'occhio, se i raggi che la producono hanno subìto una rifrazione. Il raggio di luce bianca solare, attraversando un prisma di cristallo, si scompone in sette raggi o colori detti elementari (colori dell'iride: *violetto, indaco, azzurro, verde, giallo, ranciato, rosso*); i sette raggi così dispersi, ricevuti sopra un piano opposto, vi disegnano una figura ovale detta *spettro solare*, divisa trasversalmente in sette zone colorate, le quali sono solcate da un'infinità di linee scure parallele alle zone stesse: queste linee portano il nome di *linee di Fraunhofer*. IL TRAD

menti, fu applicata con una diligenza tutta particolare alla ricerca delle traccie dell'atmosfera lunare. Se quest'atmosfera esiste, è evidente che i raggi solari la attraversano una prima volta prima di toccare il suolo del satellite, ed una seconda volta riflettendosi verso la Terra. Lo spettro dato dalla luce della Luna dovrebbe dunque offrire le linee di assorbimento aggiunte allo spettro solare da quell'atmosfera. Ora tutte le osservazioni attestano che la Luna rimanda semplicemente la luce solare come uno specchio, senza che la minima atmosfera la modifichi in checchessia.

Un altro mezzo per scoprire l'esistenza di un'atmosfera qualsivoglia di vapori, nebbie, ecc., sui lembi della Luna, consiste nell'esaminare lo spettro di una stella al momento di un'occultazione. Il gas più leggiero modificherebbe il colore di questo spettro non che certe linee, nè questo scomparirebbe, come fa, istantaneamente, senza aver subìto la più leggiera modificazione. Si ebbe in ciò una nuova prova che, se l'atmosfera lunare esiste, essa non è sensibile sul contorno della Luna.

Fig. 72. — Occultazione di Urano: 25 marzo 1877.

Fig. 73. — Occultazione di Regolo 27 febbrajo 1877.

Tali sono i fatti che militano contro l'esistenza di un'atmosfera lunare. Dopo averli esposti, è giusto ora il dichiarare che non sono però sufficienti per *provare l'assenza totale di aria* alla superficie del nostro satellite, e di far note nel tempo stesso alcune osservazioni che tendono, al contrario, a mostrare che vi potrebbe ben esistere realmente qualche sorta di atmosfera, benchè sottile e bassa. È una proposizione troppo generale e arrischiata quella che non vi possa esser nella Luna neppur l'ombra di un'atmosfera, e che non vi sia possibile alcuna manifestazione di vita analoga alla nostra.

Infatti, le occultazioni delle stelle hanno luogo al lembo del disco lunare, e questo lembo è costituito dalle cime di tutte le montagne projettate, per giuoco di prospettiva, le une sulle altre; è raro che una pianura bassa arrivi all'orlo della Luna senza esser mascherata da alture. Ora gli è precisamente nei bassi fondi che bisognerebbe rintracciare quest'atmosfera, e non sulle alture.

Sino dalla fine dello scorso secolo, Schrœter ha osservato che le vette delle

montagne lunari, che si presentano sul lembo non illuminato come altrettanti punti staccati, sono tanto meno luminose, quanto più trovansi lontane dalla linea di separazione d'ombra e luce, o, ciò che torna lo stesso, secondochè i raggi illuminati hanno lambito il suolo lunare sopra una estensione maggiore.

Intanto che osservava, una sera, la sottile falce della Luna, due giorni e mezzo dopo il novilunio, gli venne il pensiero di indagare se il contorno oscuro di questo astro, quello che non poteva ricevere che la luce cinerea, si mostrerebbe tutto in una volta, o soltanto per parti, dinanzi l'indebolimento del nostro crepuscolo; ora accadde che il lembo oscuro si mostrò dapprima nel prolungamento di ciascun dei due corni della falcatura, per una lunghezza

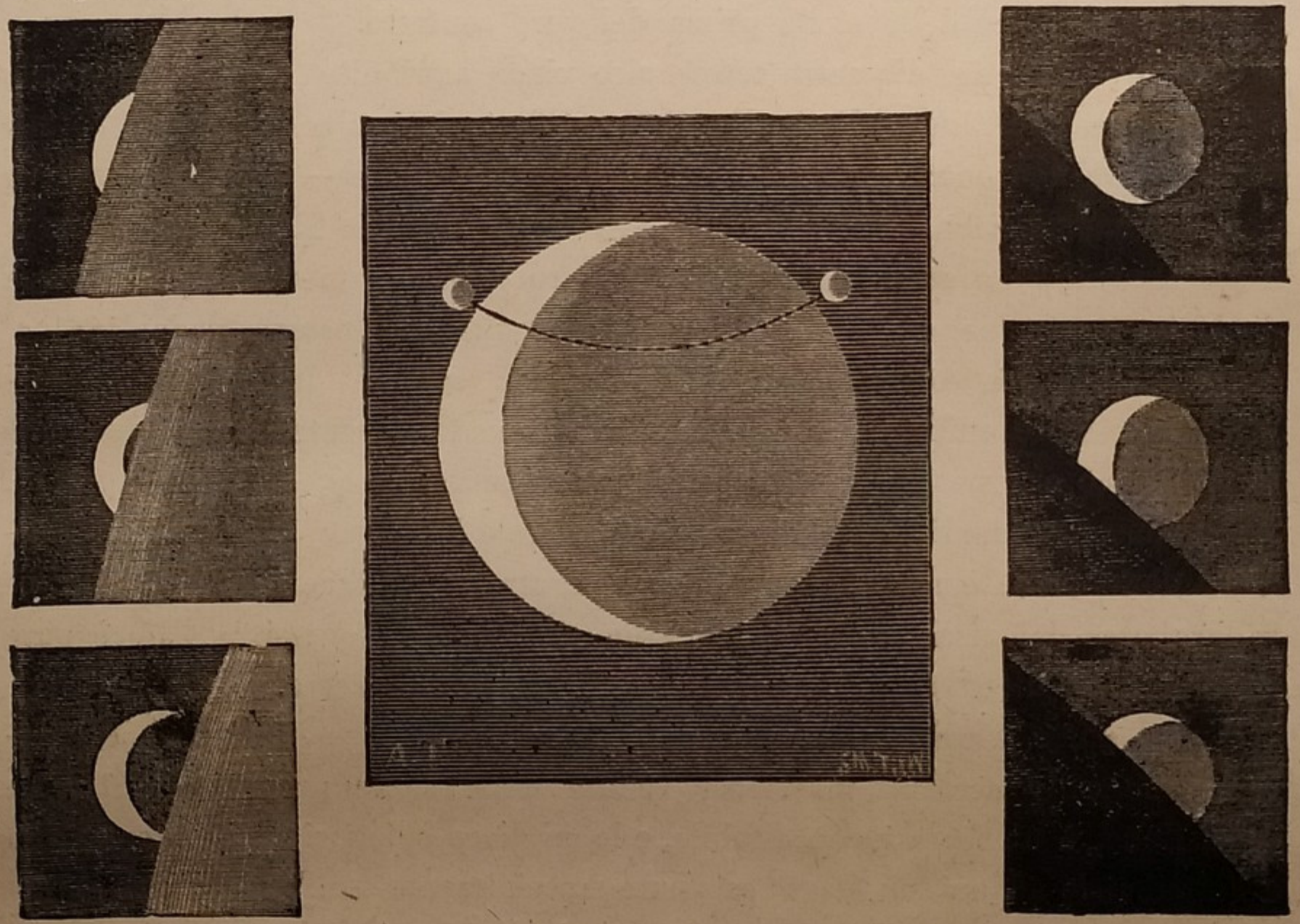


Fig. 74. — Occultazione di Venere dietro la Luna: 14 ottobre 1874.

di 1′ 20″ ed una larghezza di circa 2″, con una tinta grigiastra debolissima che andava gradatamente scemando d'intensità e di ampiezza avanzandosi verso est. All'istesso momento, le altre parti del lembo scuro erano totalmente invisibili, e tuttavia, come più lontane dalla porzione più fulgida della falce, si sarebbero dovute vedere per le prime. Un chiarore trasmesso dall'atmosfera della Luna sulla porzione di quest'astro non ancora tocca direttamente dai raggi solari, cioè una vera luce crepuscolare, sembra poter sola spiegare questo fenomeno.

Schrœter trovò, mediante il calcolo, che l'arco crepuscolare della Luna, misurato nella direzione dei raggi solari tangenti, sarebbe di 2° 34′, e che

gli strati atmosferici che rischiarano l'estremità di quest'arco, dovrebbero trovarsi ad un'altezza di 452 metri. Questa osservazione fu poi in seguito ripetuta parecchie volte.

D'altra parte, discutendo attentamente 295 occultazioni diligentemente osservate, l'astronomo Airy concluse che il semidiametro lunare è diminuito di 2″,0 nella scomparsa delle stelle dietro il fianco oscuro della Luna, e di 2″,4 nella loro riapparizione pure dal lato oscuro. Le osservazioni relative alle occultazioni presso il lembo luminoso danno dei valori più forti, pel semidiametro, di quello che si attendesse *a priori,* tanto a causa dell'estrema delicatezza di queste indagini, quanto della irradiazione del lembo lunare, che spegne la luce della stella prima del vero contatto.

Questo eccesso del diametro telescopico viene attribuito generalmente alla irradiazione, che l'ingrandisce alla vista. « Tuttavia, nulla prova che l'atmosfera lunare non entri per qualche cosa nella differenza — come con ragione dice il signor Neison, mio dotto collega della Società Reale Astronomica d'Inghilterra; — e se si paragona il diametro determinato con tanta certezza da Hansen con quello che si deduce dalle occultazioni osservate dal 1861 al 1870, si trova una correzione di 1″,70, che non sembra doversi ragionevolmente attribuire all'irradiazione. Sarebbe più soddisfacente l'ammettere che la rifrazione orizzontale d'un'atmosfera lunare entri in questo effetto per 1″. I semidiametri lunari, calcolati nelle eclissi totali di Sole, quando l'irradiazione della Luna è nulla, ed ove, per lo contrario, la luce solare diminuisce la larghezza del disco nero, s'accordano con questa ipotesi. » Tale è pure l'opinione del direttore dell'Osservatorio Reale d'Inghilterra.

D'altra parte, l'assenza di rifrazione, di cui abbiamo parlato, non è assoluta. Che nelle occultazioni siensi vedute delle stelle projettarsi sul disco della Luna, è un fatto incontestabile, e la migliore spiegazione di questo fatto è l'attribuirlo ad un'atmosfera esistente specialmente sull'emisfero che non vediamo, e che in causa della librazione si estenderebbe di tempo in tempo fino ai lembi della Luna: in questo caso, ma in questo caso soltanto, potrebbe verificarsi la projezione delle stelle occultate. In una occultazione di Giove avvenuta il 2 gennajo 1857, si vide una linea scura, la quale avrebbe potuto benissimo essere prodotta da un'atmosfera, che contornava il lembo lunare projettandosi sul disco di Giove (fig. 75).

Il lembo lunare non si presenta sempre nelle stesse precise condizioni, a motivo della librazione, di cui abbiamo parlato: non si vedono sempre gli stessi punti del contorno; e sonvi inoltre enormi variazioni di temperatura, che debbono avere una grande influenza sullo stato dell'atmosfera.

Vediamo ora quanto potrebbe estendersi un'atmosfera lunare capace di produrre una rifrazione orizzontale di 1″. Il nostro satellite si trova in sin-

golari condizioni di densità, di peso e di temperatura. La sua superfice passa alternativamente, come abbiamo veduto, da un calore torrido ad un freddo glaciale. Il massimo di temperatura del lembo occidentale si verifica verso l'ottavo giorno della lunazione, e il minimo circa due giorni dopo il plenilunio, mentre il massimo ha luogo pel lembo orientale all'indomani dell'ultimo quarto, e il minimo due giorni innanzi il plenilunio.

L'altezza dell'atmosfera lunare potrebbe essere a un dipresso di 32 chilometri, secondo i calcoli del signor Neison: la sua densità, alla superficie, alla temperatura 0° e alla pressione ordinaria, sarebbe di 0,0023 in confronto a quella dell'atmosfera terrestre al livello del mare e a zero. Un'atmosfera siffatta darebbe una rifrazione di 1″,27 sul lembo lunare non illuminato, supponendo una temperatura di 30 gradi di freddo di 1″,03 a zero, e di 0″,85 sul lembo illuminato, alla temperatura di 30 gradi centigradi.

Un tale stato di cose anderebbe d'accordo colle diverse osservazioni fatte durante le occultazioni, e nessun fatto contraddice a questa supposizione. Si potrà farsi una più precisa idea dell'estensione di quest'atmosfera, quando si consideri che il suo peso, sopra una superficie d'un miglio quadrato inglese (1609 metri di lato), sarebbe di 400 milioni di chilogrammi circa. Essa sarebbe, relativamente alla massa della Luna, un ottavo di quello che è la nostra atmosfera rispetto alla Terra.

Una tale atmosfera non è insignificante, e può benissimo esistere.

La densità dell'aria sopra un pianeta qualunque dipende dall'attrazione di esso. Qualunque peso sulla Terra si troverebbe raddoppiato se l'attrazione terrestre fosse doppia, e sarebbe la metà se fosse pur la metà la forza attrattiva, e così via dicendo; ora, questo fatto si applica tanto all'atmosfera come a qualsivoglia altra sostanza. Se la gravità terrestre venisse ridotta pari a quella della Luna, la pressione atmosferica e la densità dell'aria diventerebbe il sesto di quello che sono attualmente; una data quantità di aria al livello del mare, occuperebbe uno spazio maggiore, e l'atmosfera tutta si dilaterebbe in pari proporzione: essa si inalzerebbe sei volte di più. Se pertanto vi fosse sulla Luna un'atmosfera costituita come la nostra, quest'atmosfera sarebbe sei volte più alta della nostra; al livello medio delle pianure lunari la pressione sarebbe pari al sesto di quella dell'aria nostra al livello del mare. Perciò, quando pure i Seleniti avessero altrettanta aria per ogni metro quadrato quanto noi, avrebbero tuttavia un'atmosfera per noi irrespirabile. Se ora supponiamo ch'essa sia costituita diversamente, ed abbia una densità sei volte maggiore della nostra, essa non avrebbe, a cagione della poca intensità della gravità lunare, che la densità di quella che respiriamo, e s'inalzerebbe altrettanto.

Ho osservato parecchie volte, specialmente sulla regione tanto sconvolta che

si estende al nord del solco di Hyginus, una tinta grigia variabile, che, dove non fosse un semplice effetto di ottica, potrebbe esser prodotta sia da una nebbia, sia da vegetali. D'altra parte, mi è spesso accaduto di aver l'impressione di un effetto di crepuscolo nell'osservare la vasta pianura orientale del mare della Serenità nel sesto giorno della lunazione. Al nord, il circo ovale irregolare del Caucaso, e, al sud, la catena di Menelao, osservati con un semplice binocolo da teatro, spiccano come due punte luminose visibili. Il lembo rischiarato dalla pianura non termina bruscamente come una linea dura che separi nettamente la luce dall'ombra, ma va sfumando dolcemente, *come se il livello si abbassasse*. È una vera penombra. Il calcolo mostra che il disco solare deve produrre, in causa della sua larghezza, una penombra di 32′ di circolo massimo sulla Luna, ciò che dà una larghezza di circa 16 chilometri. Ma ho sovente osservato invece una penombra assai più larga. La fig. 76, disegnata all'Osservatorio di Harvard College (Stati Uniti), dà un'idea di questa sfumatura di tinta sul lembo illuminato.

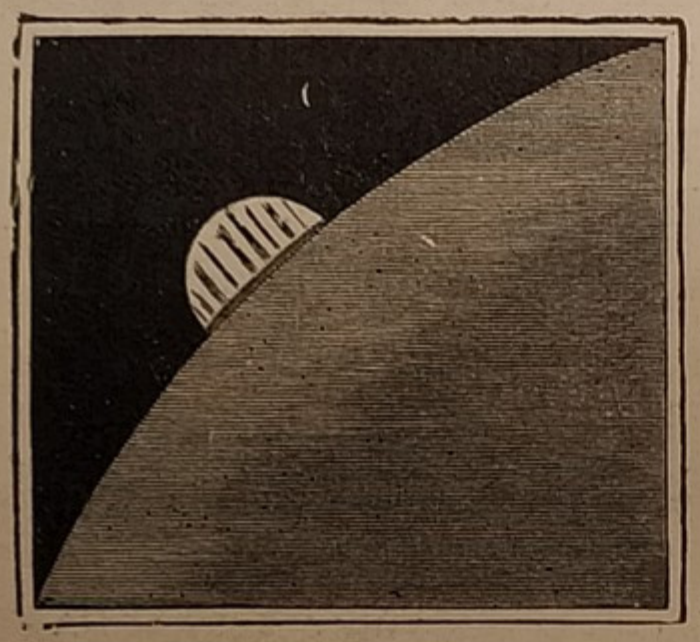


Fig. 75. — Occultazione di Giove, dietro la Luna, il 2 gennajo 1857.

Dunque, riassumendo, può (e deve) esistere sulla Luna *un'atmosfera di poca densità*, e probabilmente di una composizione molto diversa dalla nostra. Forse vi esistono anche certi liquidi, come l'acqua, ma in minima quantità. Se non vi fosse aria affatto, non vi si potrebbe assolutamente trovare nemmeno una goccia d'acqua, inquantochè la sola pressione atmosferica è quella che conserva l'acqua allo stato liquido, e senza di essa tutta l'acqua svaporerebbe immediatamente. È possibile, finalmente, che l'emisfero lunare che noi non vediamo mai sia più dell'altro ricco di fluidi. Ma si vede, in ogni caso, che sarebbe contrario alla sincera interpretazione dei fatti l'affermare, come troppo spesso si è fatto, che sulla superficie della Luna non vi abbia assolutamente traccia di atmosfera o di alcun liquido o fluido.

Aggiungiamo ora tuttavia che questo mondo, per quanto vicino, trovasi in condizioni d'abitabilità molto strane per noi. Abbiamo già veduto che alla sua superficie i corpi viventi o altri non hanno quasi nessun peso e che tutto vi deve essere mobilissimo. L'atmosfera essendovi, d'altra parte, essa stessa estremamente leggiera, non vi ha vòlta celeste come qui, non cielo azzurro nè d'altro colore, non mai nubi, ma in quella vece un vuoto profondo e senza forma, nel quale brilla, di giorno come di notte, una moltitudine infinita di stelle. La luce e il calore di cui il Sole la inonda vi hanno la stessa intensità che da noi, poichè la Luna e la Terra girano nello spazio alla me-

desima distanza dal Sole (che sono mai 96 000 leghe sopra 37 milioni? — quasi nulla); ma i loro effetti sono molto differenti, perchè non possono essere mitigati dall'atmosfera. Al sole, la luce è intensa, cruda e affaticante; all'ombra, è quasi nulla, non diffusa, non è che il sinistro riflesso delle rupi illuminate. Al sole il calore è intollerabile, all'ombra fa un freddo glaciale. Sulla Terra l'atmosfera, estendendosi sulle nostre teste, fa ufficio di cortina

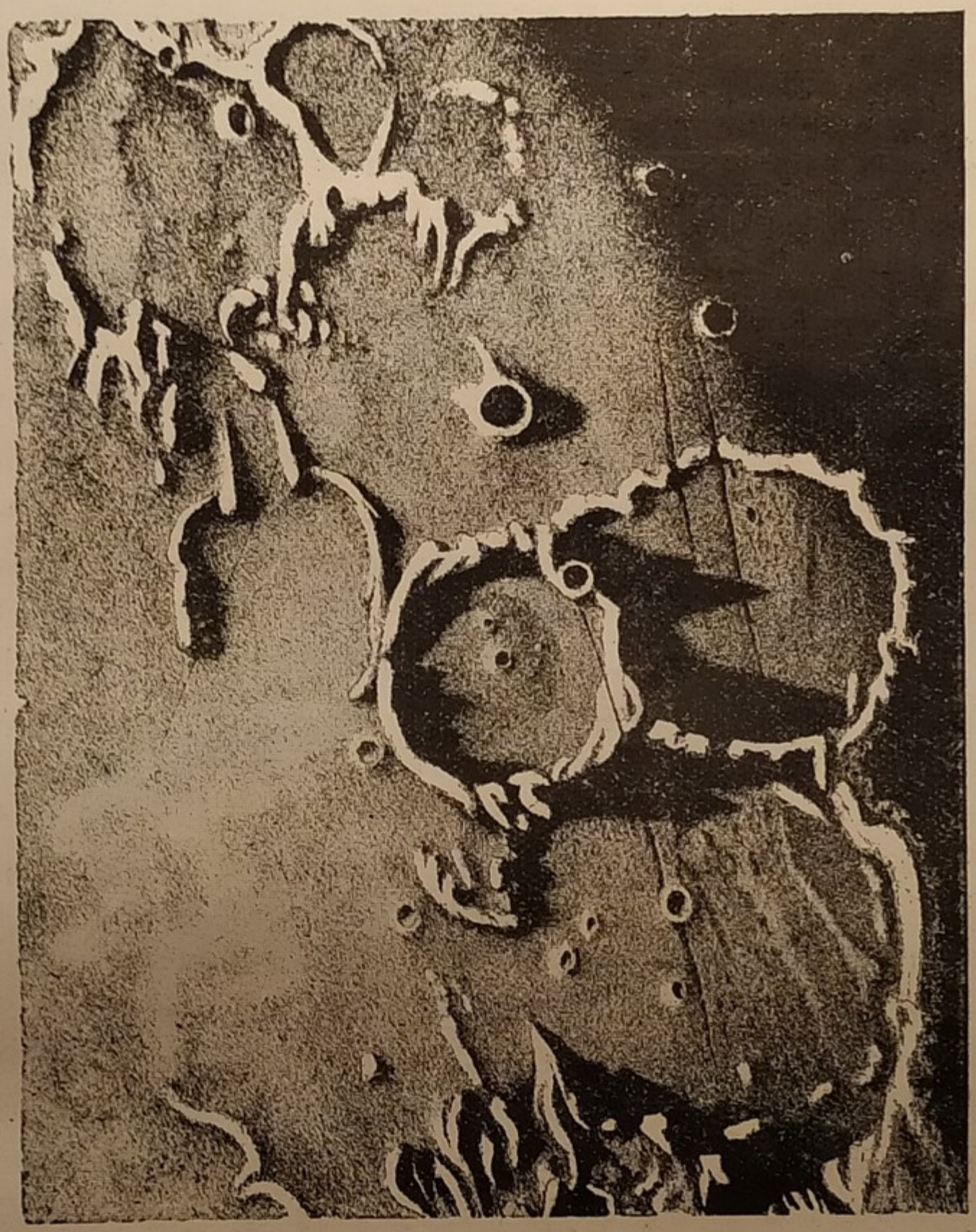


Fig. 76. — Circhi lunari rischiarati obliquamente al levar del sole.

protettrice conservando il calore ricevuto durante il giorno, e i venti inducono fra le differenze estreme di temperatura, una tal quale armonia; sulla Luna, al contrario, tutto il calore ricevuto durante il dì sfugge senza ostacoli tosto che il sole scompare, e la notte trae seco un freddo glaciale. Gli organismi lunari non possono vivere se non sono costituiti in modo da poter sopportare senza dolore o danno questi *enormi contrasti*, per noi si può dire letali. È certo che un corpo esposto al sole deve sentire sulla Luna la tem-

peratura dell'acqua bollente, e la notte seguente deve tollerare un freddo polare di più di cinquanta gradi sotto zero, e capace di congelare il mercurio. È ben anche probabile che questi estremi sieno, in fatto, ancora più esagerati.

Imperocchè su quel piccolo mondo singolare, i giorni e le notti sono quasi *quindici volte più lunghi* che sul nostro. La rivoluzione e la rotazione della Luna sopra sè stessa, essendo, come abbiam veduto, di 29 giorni terrestri, 12 ore e 44 minuti, vale a dire a un dipresso di 709 ore, tale è pure la durata totale del giorno e della notte su quel mondo capriccioso: il giorno propriamente detto, dal sorgere al tramontare del sole, dura 354 ore, e altrettanto dura la notte; il sole non impiega meno di 177 ore per levarsi e salire dall'orizzonte orientale fino al suo punto culminante di mezzodì, e altrettanto per fornire la sua corsa di discesa verso occidente. Che giorno lungo! E mai una nube che temperi l'ardore di quel sole sempiterno!

Noi non conosciamo, in tutto l'universo, dei giorni e delle notti così lunghi.

La poca densità dell'atmosfera lunare non impedisce che le stelle splendano di giorno al paro che di notte. Gli abitatori della Luna, se ve ne sono, le vedono pertanto ruotare lentamente intorno al polo lunare che si trova vicino al nostro polo dell'eclittica e situato nella testa del Dragone; esse girano però alquanto più presto del Sole, cioè in 27 giorni, 8 ore e 43 minuti, invece che in 29 giorni, 12 ore e 44 minuti.

Da noi il giorno solare supera il sidereo di 3 minuti; là la differenza è di 53 ore.

Ma, mentre il giorno lunare è molto più lungo del nostro, l'anno invece è più breve: esso è di 346 giorni terrestri e conta meno di 12 giorni lunari: 11,74. Così su questo piccolo mondo vicino, vi sono appena *dodici giorni in un anno!*

Una creatura che camminasse sulla Luna dovrebbe sentirsi immensamente leggiera, correre colla velocità del volo della rondine, salire sulle montagne più dirupate, saltar precipizî, lanciar pietre e projettili a distanze maravigliose. Mentre alla superficie del Sole, il pezzo più potente delle nostre artiglierie potrebbe a mala pena lanciare una palla alla distanza di qualche metro, perchè appena uscita dalla bocca fumante, cadrebbe vinta quasi immediatamente dall'attrazione dell'immensa massa solare, un buon fromboliero lunare la lancerebbe al disopra delle montagne.

Astrazion fatta della resistenza dell'aria, si trova che una palla lanciata orizzontalmente fuor della bocca di un cannone posto sulla vetta della più alta montagna della Terra, non *cadrebbe mai* se avesse tal velocità da fare il giro del globo in 5000 secondi, vale a dire in 1 ora, 23 minuti e 20 secondi, ossia con una velocità 17 volte maggiore del moto di rotazione di un

punto dell'equatore, o, ancora, in altri termini, se fosse scagliato con una velocità di 8000 metri al minuto secondo. La forza tangenziale che si svilupperebbe in quella corsa furiosa, sarebbe precisamente pari all'energia dell'attrazione della Terra, e il projettile si troverebbe in equilibrio. L'artigliere che l'avesse lanciato avrebbe in tal guisa dato alla Terra un nuovo satellite (1).

Il nostro disegno illustra questa idea. Una palla lanciata orizzontalmente dalla vetta della montagna con una velocità di metri 8000 si abbasserà durante questo tratto di 4^m, 90, che è appunto la curvatura della Terra; seguirà per conseguenza una linea parallela a questa curvatura, e tornerà secondo la freccia, 1^h, 23^m, 20^s dopo.

Sarebbe possibile, in teoria, lanciare verticalmente una palla con forza sufficiente, perchè non ricadesse più sulla Terra? Il quesito è di certo originale

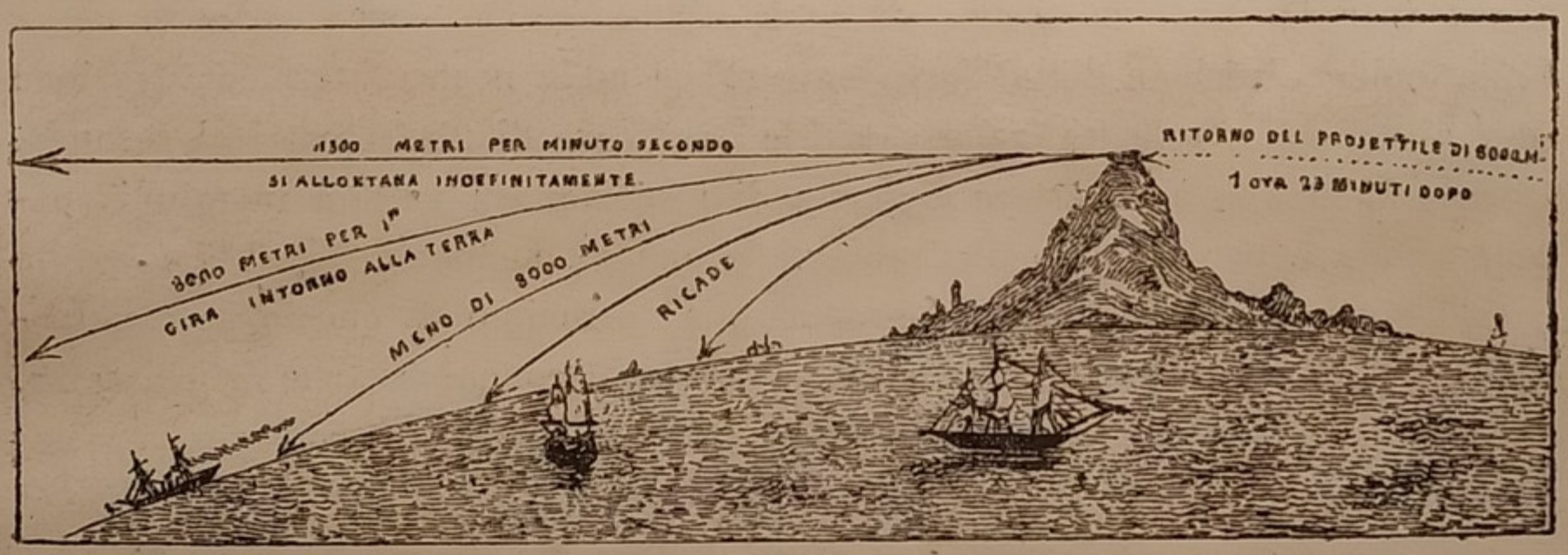


Fig. 77

e curioso. Ove trovasi il limite della sfera d'attrazione della Terra? In nessun luogo. L'attrazione diminuisce in ragione del quadrato della distanza, ma non diventa mai eguale a zero. Non è dunque possibile uscire dalla sfera di attrazione della Terra, senza entrare in quella di un altro corpo celeste. Ma puossi imaginare un projettile animato da tal velocità da abbandonare la Terra per sempre? Sì. Converrebbe perciò lanciarlo con una velocità iniziale di 11 300 metri al secondo. Un projettile lanciato in queste condizioni *non ricadrebbe mai più sulla Terra* e non girerebbe neppure intorno ad essa, ma sfuggirebbe attraverso gli spazî interplanetarî.

Ma non dimentichiamo la Luna. Noi volevamo, per contro, dare una giusta idea della poca energia della gravità alla sua superficie, considerando qual-

---

(1) Perchè un projettile lanciato orizzontalmente al disopra della superficie solare circolasse del pari allo stato di satellite intorno al Sole, sarebbe mestieri fosse lanciato con una rapidità 219 volte maggiore di quella della rotazione equatoriale di questo astro, in modo da fare il giro intero in 2 ore, 46 minuti e 36 secondi. Siccome il Sole misura 4 350 000 chilometri di circonferenza, la velocità della nostra palla sarebbe dunque di 430 000 metri al secondo. Un punto dell'equatore solare corre in ragione di circa 200 metri al secondo.

mente una palla da cannone, la quale dovrebbe avere una velocità di 430 chilometri al secondo (1), per girare intorno al Sole senza ricadervi mai, — e di 8 chilometri per girare allo stesso modo perpetuamente intorno alla Terra, non richiederebbe che una velocità di 3200 metri per far lo stesso intorno alla Luna. Tale sarebbe la sorte di un projettile lanciato orizzontalmente coll'anzidetta velocità dalla cima del monte lunare di Leibnitz.

Le stesse considerazioni ci mostrano che una pietra lanciata da un vulcano lunare colla velocità di 4500 metri nel primo secondo, sfuggirebbe all'attrazione lunare e non ricadrebbe più mai su quel globo. Non occorre dire che, se essa fosse diretta verso la Terra, ci giungerebbe in linea retta. In questo caso particolare non avrebbe neppur bisogno d'esser lanciata con forza siffatta per arrivar fino a noi. La sfera di attrazione della Luna confina con quella della Terra alla distanza di 9244 leghe dalla Luna e di 86 856 leghe dalla Terra (per la distanza media di 96 100 leghe). Un corpo spiccato dalla Luna nella direzione della Terra entrerebbe nella nostra sfera d'attrazione se venisse colla velocità relativamente mediocre di 2500 metri al secondo. Questa forza non è superiore a quella di projezione osservata in taluni vulcani terrestri, per esempio, il Cotopaxi, e non va nemmeno al di là di quelle che la potenza umana potrebbe produrre. Al principio di questo secolo, Laplace, Olbers, Poisson, Biot, avevano persino conchiuso che gli aeroliti, pietre che cadono dal cielo, potrebbero per avventura esserci mandati dai vulcani lunari.

Per raggiungere la sfera di attrazione lunare, un projettile terrestre dovrebbe essere lanciato verticalmente, verso la Luna allo zenit, con una velocità di 10 900 metri.

Quando, fra qualche miliajo d'anni, la federazione repubblicana degli Stati Uniti in Europa, Asia, Africa e America sarà un fatto compiuto, i conquistatori avranno ancora la Luna per solleticare la loro ambizione di balistica e, sovreccitando bastantemente il patriotismo terrestre, riusciranno senza

---

(1) È questa (430 chilometri) la velocità minima che possa avere un corpo che rasentasse la superficie del Sole senza esserne attratto. Moltiplicandola pel numero 1,414, si ottiene la massima che un corpo possa acquistare giungendo sul Sole da una distanza infinita: sono 608 chilometri. Qualunque mobile che passasse tangenzialmente al Sole animato da una velocità superiore alla predetta, avrebbe un moto troppo rapido per poter obbedire all'influente attrattiva di questo astro, e se ne fuggirebbe via per sempre nei deserti dello spazio interminabile. Se il Sole stesso in una delle sue formidabili eruzioni projettasse verticalmente dei materiali animati da una velocità iniziale così fatta, essi attraverserebbero le orbite planetarie, e non potrebbero mai più tornare alla loro sorgente! Scagliati con una velocita di 578 chilometri, arriverebbero fin quì, e incontrerebbero la Terra con una velocità di 2980 metri al secondo.

Una singolare considerazione da farsi per incidenza, è questa, che la velocità media della Terra nella sua orbita essendo di 29 450 metri al secondo, se questa velocità (per l'azione di un altro corpo o per altra qualsivoglia causa) venisse aumentata nella stessa proporzione (1000 : 1414) e diventasse di 41 630 m. il nostro povero pianeta s'allontanerebbe per sempre dal Sole per non far più ritorno alle nostre plaghe ospitali; il freddo, l'inverno perpetuo, la notte, la morte, seppellirebbero il mondo prima che gli astronomi potessero aver il tempo di terminar il calcolo della causa di una simile rovina...

dubbio a far dichiarar guerra alla Luna. Il nostro nemico sarebbe allora in una posizione molto più vantaggiosa della nostra, giacchè tutti i suoi projettili ci giugerebbero di certo, laddove una parte dei nostri ci ricadrebbe sulla testa. La sarebbe tuttavia una singolare battaglia.

Checchè ne sia, il fatto che ci deve colpir di più nelle condizioni fisiche del mondo lunare, è la pochezza della gravità alla superficie, e la proporzionale leggerezza degli organismi quali si vogliano che la Natura ha dovuto produrre su questo globo (1).

(1) È infatti uno stato di leggerezza dei più singolari, ed è strano che i romanzieri, i quali fecero tanti viaggi imaginari nella Luna, non abbiano tratto da questo fatto un miglior partito. Tutti hanno veduto, non è molto, a Parigi, una piacevolissima produzione fantastica data sulle scene col titolo di *Viaggio alla Luna*. Il libretto non manca di brio, elegante l'apparato scenico, e le signore del corpo di ballo lasciano pochissimo a desiderare. Quanto sarebbe stato facile il mettere in giuoco la leggerezza lunare! Ma non si è pensato a questo, come neppure alle altre condizioni astronomiche proprie della Luna.

CAPITOLO VI.

È abitata la Luna?

Luna, romito, aereo,
Tranquillo astro d'argento,
Come una vela candida
Navighi il firmamento
. . . . . .

dice il poeta; silenziosa e discreta dea della meditazione e del mistero, la Luna, pallida face delle nostre notti, in tutti i tempi e fra tutti i popoli, ha attratto lo sguardo ed il pensiero dell'uomo. Sono quasi duemila anni, Plutarco scrisse un trattato sotto il titolo: *Della faccia che si vede sulla Luna*, e Luciano di Samosato ha fatto un viaggio imaginario nel regno di Endimione. Da venti secoli, e sopratutto negli anni che seguirono alle prime scoperte astronomiche fatte col cannocchiale furono scritti cento viaggi su questo mondo vicino, da viaggiatori la cui fervida imaginazione non fu sempre rischiarata però da sufficiente dottrina. Il più bizzarro di questi romanzi scientifici è pur sempre quello di Cyrano di Bergerac, il quale vi trovò degli uomini come sulla terra, ma con costumi singolari, che nulla presentano, come ben si può credere, di comune coi nostri. Al tempo di Plutarco s'imaginavano già sulla Luna degli esseri analoghi ai terrestri, ma, non so perchè, quindici volte più grandi. Nella prima metà del nostro secolo, nel 1835, si diffuse in tutta Europa un preteso crepuscolo di sir John Herschel, nel quale si rappresentavano gli abitanti della Luna provvisti di ali da pipistrello e volanti « come anitre » sui laghi lunari. Edgardo Poë ha fatto fare il viaggio della Luna in pallone ad un borghese di Rotterdam, e ha fatto discendere in questa città un abitante della Luna a dar notizie del viaggio. Più recentemente ancora, Giulio Verne ha lanciato un vagone-projettile verso la Luna; ma è proprio un peccato che i suoi viaggiatori celesti non abbiano nemmen da lontano scòrto i Seleniti e non abbiano potuto riferirci alcun che delle cose che li riguardano.

Questo astro tanto simpatico ha subìto nell'opinione umana le peripezie di quest'opinione stessa, come se fosse un personaggio politico. Ora soggiorno incantevole, paradiso terrestre e celeste ad un tempo, regione benedetta dal cielo; ricca di una vita lussureggiante, abitata da esseri superiori; ora spa-

ventoso soggiorno, privo di tutti i doni della natura, deserto e silenzioso, vera tomba ambulante dimenticata nello spazio. Prima dell' invenzione del telescopio, i filosofi erano naturalmente proclivi a vedere in essa una terra analoga a quella che noi abitiamo. Allorchè Galileo ebbe rivolto il primo cannocchiale a quel globo e riconosciuto delle montagne e delle valli analoghe ai rilievi continentali che rendono ineguale la superficie del nostro pianeta, e vaste pianure grigie che facilmente potevano scambiarsi per mari, la rassomiglianza fra questo mondo e il nostro parve evidente, e lo si popolò tosto, non di una umanità reale, ma di animali diversi. Si disegnarono le prime carte, e si battezzarono di comune accordo le macchie coi nomi di mari che esse portano ancor oggi.

Ai tempi di Huyghens, di Evelio, di Cassini e di Bianchini, furono costruiti dei cannocchiali di più di cento piedi di lunghezza, di cui il Bianchini ci lasciò nella sua opera sopra Venere, il curioso modello che riproduciamo nella pagina seguente; ma questi cannocchiali, non acromatici, non valgono i moderni di soli cinque metri.

Gli astronomi, i pensatori, lo stesso pubblico intelligente, sperarono vedere un rapido progresso nell' ingrandimento dei telescopî, e si propose persino, sotto Luigi XIV, di costruire un cannocchiale di diecimila piedi, che doveva far discernere gli animali nella Luna. Ma gli ottici avevano un bel fare; i progressi dell'ottica non andavano a seconda dei capricci dell'imaginazione. Al contrario, più si perfezionavano gli strumenti, e più svanivano le analogie che si erano dapprima riscontrate tra la Luna e la Terra. Potendosi distinguere nettamente la superficie dei mari si trovò che questa non è nè liquida, nè liscia, ma sabbiosa e rugosa, variata da mille rilievi, come colline, valli, crateri, circhi, ecc. L'attenta osservazione non giungeva a scoprire, su quell'astro, nè un sol vero mare, nè un sol lago, nè alcuna prova certa della presenza dell'acqua sotto qual si fosse forma; nuvola, neve o ghiaccio. L'osservazione non meno diligente delle stelle e dei pianeti all'istante in cui la Luna passa dinanzi ad essi e li occulta, mostrava ancora che questi astri non sono nè velati, nè rifratti allorchè toccano il lembo del disco lunare, e che, per conseguenza, questo globo non è involto da atmosfera apprezzabile. L'analogia che si era creduto di ravvisare fra questi due mondi, svaniva, la vita lunare se ne andava in fumo, e si prese a poco a poco il vezzo di scrivere in tutti i libri di astronomia quella frase divenuta già tradizionale: *La Luna è un astro morto.*

È una conclusione troppo sollecita. Era un illudersi un po' stranamente sul valore delle testimonianze telescopiche.

Il mio antico maestro ed amico, Babinet, opinava che, se vi fossero sulla Luna delle mandre di animali analoghi a quelle di bufali d'America, o delle

truppe di soldati marcianti in ordine di battaglia, o dei fiumi, dei canali e delle ferrovie, oppure dei monumenti come Nostra Donna di Parigi, il Louvre e l'Osservatorio, sarebbero visibili nel gran telescopio di lord Rosse. Si diceva, infatti, che questo telescopio colossale, il cui specchio ha 1 metro 83 centimetri di diametro, e la cui lunghezza supera i 16 metri, e che è tuttavia il più grande di quanti si costrussero fino ad ora (fig. 79), potrebbe ammettere degli ingrandimenti di 6000 volte. Ora, siccome ingrandire un oggetto lontano equivale geometricamente ad avvicinarlo, così la Luna ingrandita 6000 volte pel nostro occhio, ci apparirebbe tale come se fosse lontana soltanto un seimilesimo di quello che realmente è, vale a dire soltanto 16 leghe, ossia 64 chilometri. Ma il telescopio di lord Rosse non è perfetto, e lungi dal

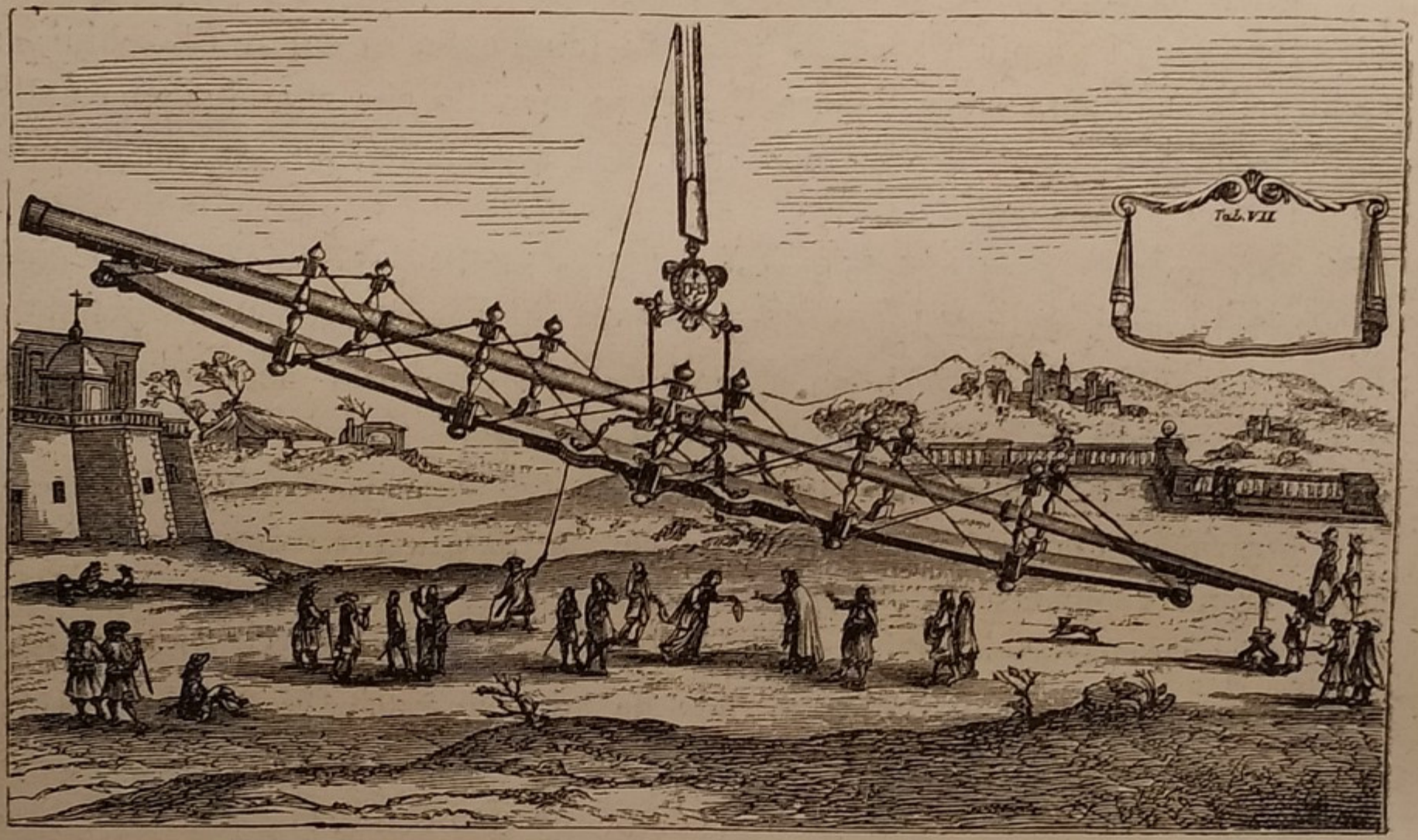


Fig. 78. — Gran cannocchiale del XVII secolo, secondo Bianchini.

poter tollerare siffatti ingrandimenti, non permette, per la visione distinta un ingrandimento maggiore di duemila volte.

Il miglior telescopio, unitamente a quello di lord Rosse, è quello di Lassel, di metri 1,22 di diametro e di 11 metri di lunghezza. Il miglior cannocchiale è il grande equatoriale dell'Osservatorio di Washington, col quale furono scoperti i due satelliti di Marte. È lungo 10 metri ed il suo objettivo misura 66 centimetri di diametro. Ora i più forti oculari che si possano applicare a questi capilavori dell'arte ottica, non oltrepassano i duemila, e questo anche nelle condizioni atmosferiche più favorevoli. A che serve l'ingrandire smisuratamente un'imagine, se questa, in conseguenza di un soverchio ingrandimento, cessa di essere distinta e non può più esser osservata con profitto? Come facevamo

notare più sopra, la massima vicinanza a cui possiam portare la Luna nelle condizioni migliori, è adunque di 44 leghe (cioè 176 chilometri).

Ora, domando io, che cosa puossi distinguere e discernere distintamente ad una distanza siffatta? Potrebbero sorgervi o scomparire le piramidi egizie senza che noi ce ne accorgessimo. « Non vi si vede a muover nulla! » objettasi spesso da molti. Lo credo senza fatica. Ci sarebbe mestieri di un famoso terremoto (lunemoto, precisamente parlando) perchè fosse a noi possibile di accorgercene, e bisognerebbe altresì che, proprio in quel momento, vi fosse sulla Terra un astronomo, che favorito da un cielo purissimo e munito di un potente istrumento, stesse esaminando attentamente la regione del cataclisma;

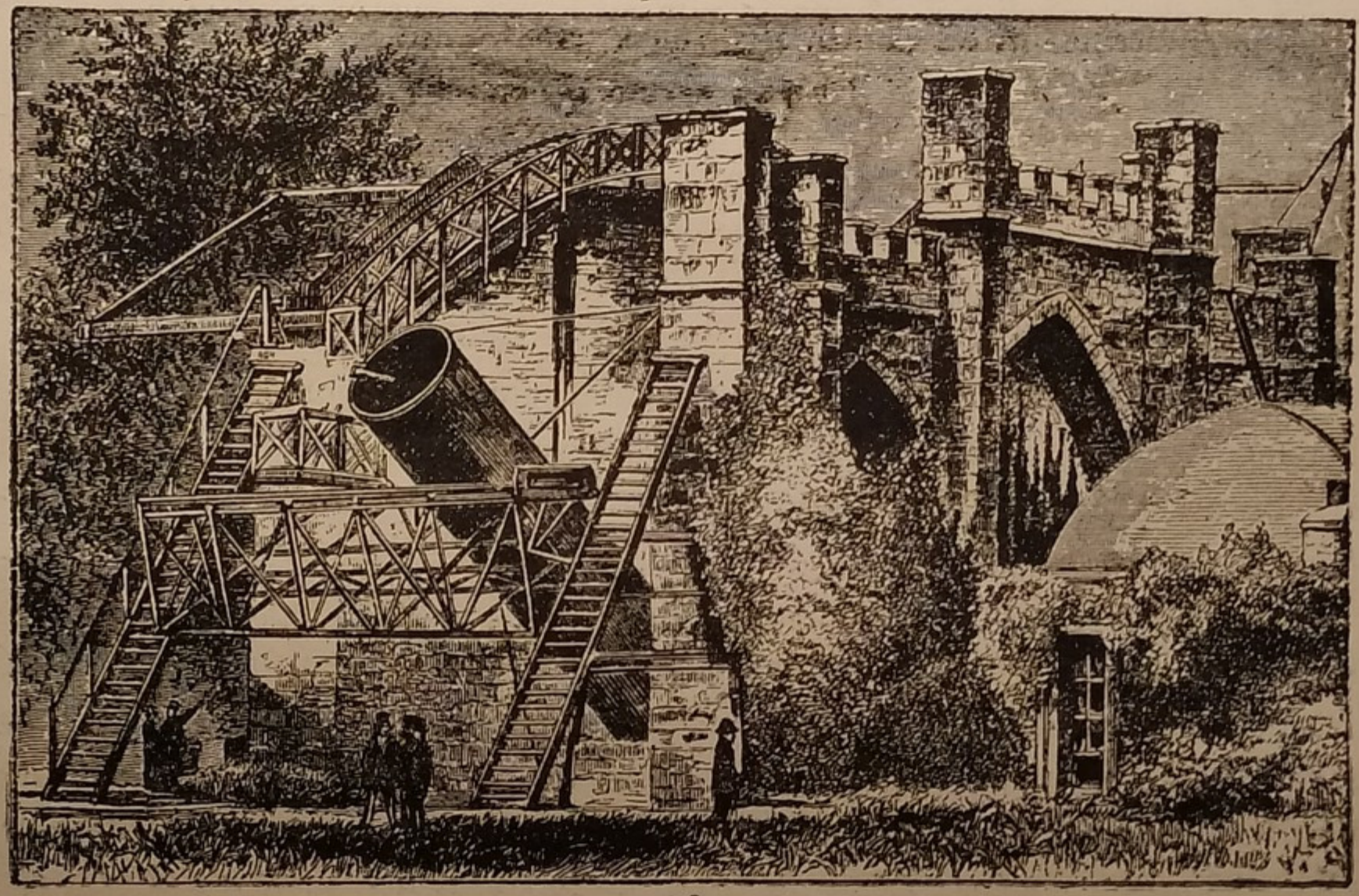


Fig. 79. — Il gran telescopio di lord Rosse.

nessun rumore d'altra parte ce ne avvertirebbe, e la spaventosa catastrofe potrebbe accadere, tutta intera la Luna potrebbe scoppiare in mezzo a migliaja di detonazioni, che la più lieve eco non attraverserebbe il cielo che ce ne separa.

Allorchè dunque si dichiara che la Luna è inabitata, perchè non si vede nulla muovervisi, si fa troppa fidanza sul valore della testimonianza telescopica. A pochi chilometri di altezza, in pallone, con un cielo puro e un sole splendente, si distinguono ad occhio nudo le città, i boschi, i campi, le praterie, i fiumi, le strade, ma non si vede muover nulla, e l'impressione che se ne risente direttamente (l'ho molte volte provata ne' miei viaggi aerei) è quella del silenzio, della solitudine, dell'assenza della vita. Nessun essere vi-

vente non è più discernibile, e se non sapessimo che vi sono mietitori in quelle campagne, dei greggi su quei prati, degli uccelli in quei boschi, degli abitanti in quelle case o per quelle strade, nulla potrebbe farcelo sospettare. Se dunque la Terra è un mondo morto, per chi la vede soltanto alla distanza di qualche chilometro, qual non è mai l'umana illusione nell'asserire che la Luna è proprio un mondo estinto, perchè tale sembra veduta a cento e più leghe! Qual faccia della vita puossi intravedere a una simile distanza? Nulla assolutamente, giacchè foreste, piante, città, tutto scompare.

L'unico mezzo che abbiamo per farci un'idea esatta dello stato del mondo lunare, si è di osservare con attenzione e disegnare separatamente certi distretti, confrontandoli poi d'anno in anno col vero, tenuto conto della differenza degli strumenti adoperati. Bisogna attribuire una certa causa di divario alla differenza fra gli occhî degli osservatori non che alla trasparenza dell'atmosfera. Vuolsi ancora tener conto della differenza della chiarezza, variante coll'altezza del sole, inquantochè più il sole è obliquo, più sono visibili i rilievi del terreno. Le differenze notate sono talvolta straordinarie. Non si crederebbero se non si vedessero.

Ora questo metodo critico, applicato da alcuni anni, non conferma guari l'ipotesi della morte del mondo lunare. Esso ci annunzia all'incontro che dei mutamenti geologici e forse anche meteorologici sembrano prodursi alla superficie del nostro satellite.

Premettiamo anzitutto che la superficie lunare non può a meno di cambiare, al pari della terrestre. Sul nostro pianeta, è vero, abbiamo ancora violenti eruzioni vulcaniche e disastrosi terremoti; abbiamo le onde sugli oceani, che, corrodendone le sponde sotto le rupi e penetrando negli alvei dei fiumi alle loro foci, modificano incessantemente i contorni dei continenti (come l'ho cogli occhî miei proprî verificato in meno di soli quindici anni d'osservazione lungo le coste francesi); noi abbiamo i movimenti del suolo che si eleva e si abbassa sotto il livello del mare, come ognuno può vedere a Pozzuoli, in Italia, e sulle dighe dei Paesi Bassi; noi abbiamo il sole, i geli, i venti, le pioggie, i fiumi, le piante, gli animali e gli uomini, che senza tregua modificano la superficie della Terra. Sulla Luna sono però due agenti che bastano a produrre modificazioni ancora più rapide: sono il calore e il freddo. A ciascuna lunazione la superficie del nostro satellite patisce dei contrasti di temperatura che basterebbero a disgregare vaste contrade, e, col tempo, a far crollare le più alte montagne. Durante la lunga notte lunare, sotto l'influenza di un freddo più che glaciale, tutti i materiali che compongono il suolo debbono contrarsi più o meno, secondo la loro natura. Poi, sopraggiunto un calore che deve oltrepassare quello dell'acqua bollente, tutti i minerali che quindici giorni prima erano ridotti alle loro minime dimensioni, debbono di-

latarsi in differenti proporzioni. Se consideriamo gli effetti che il verno e l'estate producono sulla Terra, ci convinceremo meglio di quelli che debbono esser prodotti in grado cento volte maggiore sulla Luna, da questa successione di condensazioni e dilatazioni in materiali meno coerenti, meno compatti dei terrestri. E se aggiungiamo che siffatti contrasti sono ripetuti, non d'anno in anno, ma di mese in mese, e che tutte le circostanze che li accompagnano debbono ancora esagerarli, non farà certo maraviglia che *delle variazioni topografiche abbiano luogo attualmente* alla superficie della Luna, e che, lungi dal disperare di conoscerle, noi possiamo all' incontro affidarci di constatarle un giorno.

D'altra parte, noi non possiamo asserire che indipendentemente dalle variazioni dovute al regno minerale, non ve ne siano altre che possano attribuirsi ad un regno vegetale, o anche ad un regno animale, o — chi lo sa? — a formazioni viventi quali siensi, nè vegetali, nè animali.

Tuttavia non sembrano cessate lassù le manifestazioni vulcaniche. Un vulcano più voluminoso del Vesuvio dovette formarsi, o per lo meno ingrandirsi fino a diventar visibile, nel corso dell'anno 1875 in mezzo ad una regione ben conosciuta dai selenografi. Allorchè la Luna giunge al suo primo quarto, il sole comincia a rischiarare la superficie del mare dei Vapori, regione fortunatamente situata verso il centro del disco lunare. Fra parecchî altri bei crateri, se ne osservano qui due che hanno ricevuto il nome di Agrippa e di Ukert. Intorno a ciascuno di essi, il terreno discende con dolce pendìo e una pianura estendesi fra i contrafforti dell'uno e dell'altro. Attraverso quella pianura distinguesi come una specie di fiume, tagliato a mezza strada quasi da un piccol cratere, chiamato Hyginus. Assai sovente ho osservato questa curiosa plaga del mondo lunare, e ne feci molti disegni, dei quali i più completi sono del 31 luglio 1873, 1.° agosto, 29 ottobre, 27 novembre dello stesso anno, e 24 aprile 1874. Ora, nessuno degli astronomi che hanno osservata e disegnata questa regione aveva mai veduto nè descritto un circo di 4500 metri di diametro situato a nord-ovest del cratere d' Hyginus, che è attualmente visibile e che il signor M. J. Klein di Colonia, uno dei nostri più operosi selenografi contemporanei, ha veduto per la prima volta il 19 maggio 1876. Il non aver veduto una cosa, pur guardando il luogo ove poteva essere, non prova che quella cosa non esistesse; ma, quando gli osservatori furono molti e diligenti, e quando l'oggetto è molto appariscente, il dubbio non è più possibile. Il nuovo circo è in questo caso, e il dubbio che rimane deriva dalle numerose irregolarità di questo terreno, che assai difficilmente si presta ad una rigorosa riproduzione grafica.

V'ha in Inghilterra una società, tutti i membri della quale giurano fedeltà alla Luna, e s'impegnano di non dimenticarla neppur un mese: è la *Seleno-*

graphical Society; essa si è affrettata a pubblicare nel suo giornale selenografico i dettagli dati dal professor Klein e le osservazioni che confermarono la sua scoperta. Per parte mia, come diceva poco fa, benchè non abbia mai fatto del nostro satellite oggetto esclusivo delle mie osservazioni, ho tuttavia passato delle lunghe sere studiando al telescopio la sua singolare topografia, ed ho rilevato, fra gli altri, soltanto nel 1873, una trentina di disegni della vallata d'Hyginus che mi ha sempre in particolar modo colpito (Vedi: *Le Terre del Cielo,* pag. 322). Ora, sopra nessuno de' miei disegni posso rintracciare il nuovo cratere che ho dipoi veduto parecchie volte. La fig. 80 rappresenta questa regione, sulla quale parecchî solchi furono scambiati da certi osservatori per « strade nazionali », tracciate da una città ad un'altra! Il cambiamento osservato accadde a manca e inferiormente al punto segnato β sulla predetta picola carta.

Nel mare del Nettare, vedasi un piccolo cratere, il cui diametro misura circa 6 chilometri, e che si eleva isolato in mezzo ad una vasta pianura. Ebbene, quel cratere talora è visibile e talora no... Dal 1830 al 1837, era certamente invisibile, giacchè due osservatori, affatto stranieri l'uno all'altro, Mædler e Lohrmann, hanno minuziosamente scandagliato, descritto e disegnato quel paese lunare, e veduto, in prossimità alla posizione che occupa, delle particolarità di suolo molto meno importanti del cratere stesso, senza averne il minimo sentore. Nel 1842 e 1843, Schmidt osservò questa medesima plaga senza scorgerlo. Lo vide per la prima volta nel 1851. Lo si discerne benissimo sopra una fotografia ottenuta direttamente nel 1865 da Rutherfurd. Ma nel 1875, il selenografo inglese Neison esaminò, disegnò e descrisse, coi più minuziosi particolari e le misure più precise, questo stesso luogo, senza scorgere traccia alcuna di vulcano. Attualmente (1879) lo si vede benissimo... Parmi che la spiegazione più semplice che possa darsi di queste variazioni di visibilità stia nell'ammettere che questo vulcano mandi qualche volta del fumo e dei vapori che rimangono qualche tempo sospesi al disopra di esso e ce lo nascondano, come accadrebbe per un aeronauta che si librasse alcune leghe in alto sopra il Vesuvio nelle epoche delle sue eruzioni.

Per non far caso di queste nuove conseguenze, bisognerebbe ammettere che tutti gli osservatori della Luna, ben noti per la cura che recarono nei loro studî e per la precisione che hanno sempre ottenuto, abbiano mal veduto tutte le volte che noi non intendiamo i fatti osservati. Sarebbe questa un'altra ipotesi, meno sostenibile di quella di variazioni perfettamente ammissibili.

Delle fiamme vomitate da vulcani sarebbero visibili alla distanza a cui vediamo la Luna in un telescopio? Credo di no, a meno che non fossero di una violenza e di una luce molto più intensa di quella dei vulcani terrestri.

Codeste nebbie, vapori o fumi, la cui esistenza diventa sempre meno pro-

blematica, avevano persino indotto Schrœter a dire che la frequente stranezza delle loro posizioni pareva accusare qualche *origine industriale,* forni, officine, degli abitanti della Luna! L'atmosfera delle città industriali, osservava egli, varia secondo le ore del giorno e il numero dei fuochi accesi. S'incontrano spesso nel lavoro di quell'osservatore delle congetture « sulla attività dei Seleniti ». Credette anche di notare dei mutamenti di colore che potevano at-

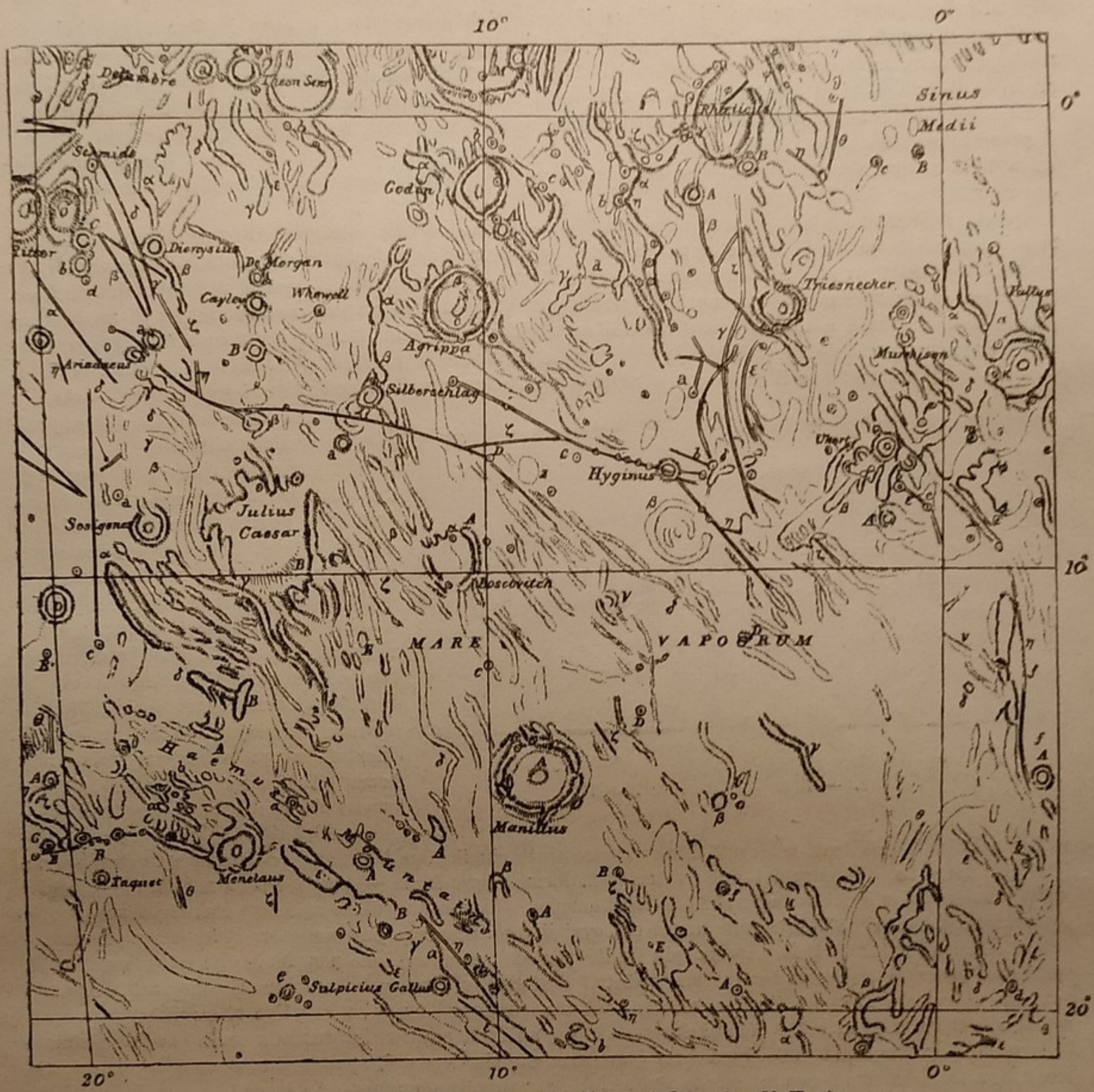


Fig. 80 — Topografia lunare dei dintorni del solco di Hyginus.

tribuirsi a modificazioni nella vegetazione o nelle colture. Gruythuisen giunse fino a imaginarsi d'aver riconosciuto delle tracce non dubbie di fortificazioni e di « strade postali » (1).

---

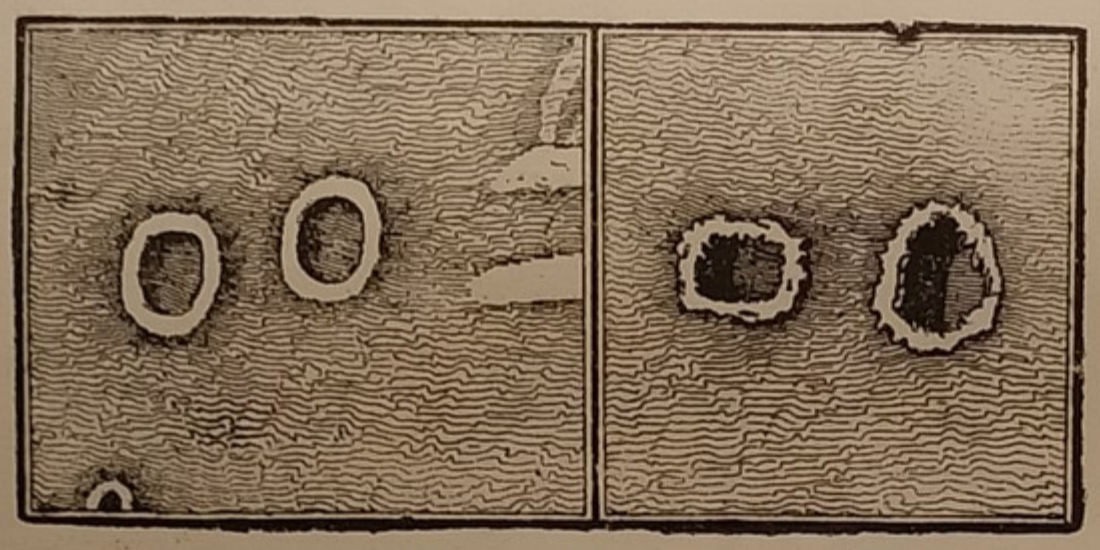
(1) Sul suolo grigiastro del mare della Fecondità, pianura sabbiosa, d'onde l'acqua pare essersi ritirata da lungo tempo, si vede un doppio cratere, formato da due circhi gemelli, che Beer (fratello di Mayerbeer) Mædler esaminarono *più di trecento volte,* dal 1829 al 1837. Questo doppio cratere presenta dietro di sè una singolare striscia bianca, che ricorda la forma di una coda di cometa, e a motivo di siffatta somi-

Questi sono fatti che mostrano come l'osservazione attenta e perseverante del mondo lunare sia tutt'altro che priva d'importanza, come sel crede gran numero di astronomi. Senza dubbio, questo mondo, per quanto vicino, differisce dal nostro più che il pianeta Marte, la cui analogia colla Terra è tanto

---

glianza, i due osservatori tedeschi le diedero il nome dell'astronomo francese Messier, il più indefesso cercatore di comete. Essi hanno studiato, descritto e designato con una cura tutta particolare questa formazione lunare, sulla quale Schrœter aveva già fin dal 1796 richiamato l'attenzione degli studiosi. « I due circhi — dicono — sono assolutamente simili fra di loro. Diametri, forme, altezze, profondità, colore dell'arena come del recinto, posizione di alcune colline saldate ai crateri, tutto si somiglia talmente, che non si potrebbe spiegare il fatto se non attribuendolo ad uno strano giuoco del caso o ad una legge ancora incognita della natura. Questa doppia formazione è ancora più notevole a cagione di due striscie luminose pure eguali, rettilinee, dirette verso oriente. »

Questa descrizione è tanto particolareggiata, l'asserzione relativa alla perfetta rassomiglianza dei due monti circolari, è così esatta, che si può appoggiarvisi per fare dei confronti assoluti. Ora, nulla di più strano, direi quasi di più misterioso, di più inesplicabile, del risultato di questi raffronti. Gruythuisen, abilissimo osservatore e molto scrupoloso, verificò nel 1825, che il cratere occidentale era di metà meno grande dell'orientale, e allungato dall'est all'ovest. Ei credeva che fossero *fortificazioni* lunari, con bastioni e trincee parallele. Il 13 febbrajo 1826, un fatto strano si produsse nella striscia bianca: la fascia oscura che ne attraversava il mezzo era sparsa di punti luminosi, « e credetti vedere — scrive — *che non rimanevano sempre nella stessa posizione* ». Qualche volta una velatura, una nebbia pareva estendersi su quegli oggetti, laddove in altre circostanze in cui avrebbero dovuto essere meno visibili per effetto dell'illuminazione solare, lo erano di più.



Nel 1835. Nel 1857.

Fig. 81. — Il doppio cratere Messier.

Altra osservazione. Nel 1855, Webb constatò che il cratere orientale era il maggiore dei due, e che l'occidentale, più piccolo, era allungato da est ad ovest. Osservazioni ulteriori (1857) mostrarono che la figura del cratere occidentale aveva realmente preso una forma ellittica rettangolare, di 18 chilometri di lunghezza sopra 12 di larghezza Dal 1870 al 1875, diversi osservatori, muniti di eccellenti telescopî, hanno riconosciuto che il diametro maggiore misurava 20 chilometri e il piccolo 11. « La differenza dei due crateri, per forma e grandezza — diceva Neison nel 1876 — è oggidì visibile anche col più debole cannocchiale astronomico. » Tuttavolta Klein aggiunge che, dietro sue proprie osservazioni fatte nel 1877-1878, tale non è più oggi il caso. Che cosa possono essere codeste bizzarre variazioni? Illusioni ottiche? È la risposta più facile per gli astronomi che non amano gli imbarazzi.. Ma la metà degli osservatori hanno dunque mal veduto? D'altra parte, se questi mutamenti sono reali, come mai poterono sfuggire a Beer e a Mædler, se erano già stati osservati fin dal 1824? Non vi sarebbero forse stati cambiamenti dal 1829 al 1837? Non si è potuto saper nulla di positivo intorno alla causa che ha cambiato la forma del cratere occidentale. Qual forza imaginare che sia capace di spostare l'asse maggiore di un cratere? Una forza siffatta è assolutamente sconosciuta. Si potrebbe ammettere che la cinta sia crollata all'interno al nord e al sud, e al di fuori all'est e all'ovest. Questa è la spiegazione più plausibile, ma non pare sufficiente a spiegare tutti i mutamenti osservati. I due crateri ora sono simili l'uno all'altro, ora sono differenti. Qui il naturalista, in traccia delle cause prime, si trova in un grande imbarazzo. Sarebbe mai il globo lunare ancora pastoso e mobile in certi punti? L'attrazione della Terra vi produrrebbe per avventura di singolari maree? L'una ipotesi e l'altra sembrano assurde, giacchè da una parte il nostro satellite sembra tanto perfettamente mineralizzato quanto la Terra, e dall'altra, la Terra è ferma nel cielo della Luna; ma il Sole cammina, e vi sono delle librazioni. La nostra prima cura dovrebbe essere anzi tutto di organizzare una collaborazione sistematica di un gran numero di osservatori per seguire con persistenza quel punto lì. — Sulla nostra carta, quel gemino cratere è tracciato al sud-ovest dell'intersezione del 50° grado di longitudine occidentale coll'equatore.

Nel mare della Serenità (fig. 65), si trova un altro esempio di variabilità nel circo di Linneo, ma questa è un po' meno enigmatica di quella del doppio cratere di Messier. Quel cratere fu in origine visibilissimo, giacchè lo si trova già sulla carta lunare di Riccioli nel 1651. Schrœter l'osservò nel 1788 e lo descrisse

evidente, e che deve essere abitato da esseri ben poco diversi da quelli che costituiscono la storia naturale terrestre e la nostra umanità stessa; ma quantunque molto differente dalla Terra, non manca per questo di un valore proprio e di originalità. E d'altra parte, perchè supporre che non vi sia su questo piccolo globo una vegetazione più o meno paragonabile a quella che decora il nostro? Folte foreste come quelle dell'Africa centrale e dell'America meridionale, potrebbero coprire vaste estensioni di terre senza che noi possiamo riconoscerle. Sulla Luna non v'ha primavera, nè autunno, e noi non possiamo appoggiare i nostri criterî sulle variazioni di tinta delle nostre piante boreali, sul verde ammanto di maggio, nè sulla caduta delle foglie ingiallite dall'ottobre, per figurarci rigorosamente che la vegetazione lunare debba offrire i medesimi aspetti, o non esistere affatto. Colà l'inverno succede all'estate di quindici in quindici giorni; la notte è l'inverno; il giorno l'estate. Il sole resta sopra l'orizzonte durante quindici volte ventiquattr'ore; tale è la durata del giorno lunare e della state; similmente per quindici giorni il sole resta sotto l'orizzonte; tale è la durata della notte lunare e dell'inverno. Così fatte condizioni meteorologiche sono assolutamente diverse da quelle che governano la vegetazione terrestre. Nei climi intertropicali, pei quali non v'ha inverno, nè estate, le piante non cambiano colore. Noi abbiam pure nei nostri climi delle piante a foglie persistenti, degli arbusti sempre verdi indifferenti al variare delle stagioni; e quanto al tipo medesimo della verzura vegetale, l'erba dei prati, essa si conserva sempre verde così nell'inverno come nell'estate. Ora, qui si presenta una serie di domande che restano senza risposta: Esistono sulla Luna esseri passivi analoghi ai nostri vegetali? Se esistono, sono verdi? Se sono verdi, cangian essi di colore colla temperatura, e se variano d'aspetto, queste variazioni possono da qui esser scòrte?

L'osservazione telescopica rischiara essa siffatti punti oscuri? Non v'ha, di certo, in tutta la topografia lunare alcuna regione così verde quanto una prateria o una foresta terrestre, ma sopra certi terreni vi sono distinte colora-

---

« come una piccolissima macchia bianca, rotonda, con traccie di qualche depressione ». Al tempo di Lohrmann e Mædler, questo cratere aveva un diametro di 30 000 piedi, e il suo interno, nero, ombroso, era visibile sotto un' illuminazinne obliqua; al contrario, al sole meridiano, il tutto aveva l'apparenza di una macchia biancastra. Nell'ottobre 1866, Schmidt osservò che, anche sotto un'illuminazione obliqua, il cratere non era più visibile. L'attenzione generale degli osservatori si concentrò su questo punto, e la conclusione definitiva è che ebbe luogo colà qualche eruzione o qualche sprofondamento.

Ma ecco qua una serie di osservazioni ancora più singolari:

Parecchi osservatori hanno veduto sulla Luna dei chiarori enigmatici, che vennero attribuiti ad aurore boreali Il 20 ottobre 1824, per esempio, a 5 ore di mattino, Gruythuisen scorse nella regione oscura della Luna, sul mare delle Nubi, un chiarore che si estendeva fino al monte Copernico, per una lunghezza di quasi 100 chilometri, con una larghezza di 20. Alcuni minuti dopo esso sparve; ma sei minuti più tardi una pallida luce splendette alcuni istanti per poi svanire; poi delle corruscazioni elettriche si succederono da 5 ore e mezzo del mattino fino all'alba, le quale pose fine alle osservazioni. L'osservatore ascrisse quei bagliori vacillanti ad un'aurora boreale lunare, e questa spiegazione non ha nulla di antiscientifico. Un fenomeno analogo fu osservato da un amico dell'astronomo Lambert, il 25 luglio 1774.

zioni, e anche delle tinte cangianti. La pianura chiamata mare della Serenità presenta una tinteggiatura verdastra attraversata da una zona bianca invariabile. L'osservatore Klein ha conchiuso dalle sue osservazioni che la tinta generale, che è qualche volta più chiara, è dovuta ad un tappeto vegetale, il quale d'altra parte potrebbe esser formato di piante di tutte le dimensioni dai muschî ai funghi fino ai pini e ai cedri, mentre la riga bianca invariabile rappresenterebbe una zona deserta e sterile. Gli astronomi che più si applicarono all'esame delle fotografie lunari, sono pur essi d'opinione che il colorito scuro delle macchie che portano il nome di mari, colore così poco fotogenico, che a mala pena impressiona la lastra sensibile (per modo che occorre una posa più lunga per fotografare le regioni oscure che le chiare), deve esser cagionato da un assorbimento *vegetale*. Siffatta tinta verdastra del mare della Serenità varia leggermente, e talvolta è molto pronunciata. Il mare degli Umori offre la stessa tinta, circondata da una stretta orlatura grigiastra. I mari della Fecondità, del Nettare, delle Nubi, non presentano questo aspetto, e si conservano press'a poco incolori, mentre certi punti sono giallastri come, per citarne alcuni, il cratere Lichtenberg e la palude del Sonno. È questo il colore stesso dei terreni, o son queste tinte prodotte da vegetali?

Un'osservazione singolare da farsi è questa, che vi sono valli e pianure che cambiano colore coll'altezza del sole. Così, l'arena del grande e maraviglioso circo di Platone *si oscura man mano che il sole la illumina di più*, cosa che pare in opposizione con tutti gli effetti ottici imaginabili. Dopo il plenilunio epoca che rappresenta il mezzo dell'estate per quella longitudine lunare, la superficie appare al telescopio molto più oscura che qualunque altro punto del disco lunare.

V'è a scommettere il 99 contro 1 che questo effetto non devesi attribuire alla luce, ma al calore solare, del quale non tiensi conto abbastanza, quando si studiano le modificazioni delle tinte osservate sulla Luna, benchè esso sia' tanto quanto la luce, intimamente connesso coll'azione del sole. È assai probabile che siffatto mutamento periodico di tinta della pianura circolare di Platone, visibile ogni mese per qualsiasi attento osservatore, sia dovuto ad una modificazione vegetale cagionata dalla temperatura. La regione del nord-ovest d'Hyginus, di cui abbiamo già parlato a proposito del nuovo vulcano presenta analoghe variazioni. Veggonsi pure nel vasto piano fortificato, che ricevette il nome di Alfonso, tre macchie che escono pallide, il mattino, dalla notte lunare, si abbrunano mano mano che il sole si eleva sul loro orizzonte, e tornano pallide la sera al tramonto del sole.

Anzichè esser dunque in diritto di affermare che il globo lunare sia sprovveduto affatto di vita vegetale, l'osservazione ci ha svelato dei fatti difficili, per non dire impossibili a spiegarsi, se si ammette un suolo puramente mi-

Fig. 82. — Panorama lunare, nelle montagne.

nerale e che all'incontro trovano una facile dimostrazione ammettendo uno strato vegetale, qualunque sia del resto la sua forma. È davvero un peccato che da qui non si possano analizzare chimicamente i terreni lunari, a quel modo che si analizzano i vapori che involgono il Sole e le stelle; ma non dobbiamo disperare di giungere a tanto, dacchè, prima dell'invenzione dell'analisi spettrale non si sarebbe mai imaginata la possibilità di raggiungere risultati tanto meravigliosi. Checchè ne sia, abbiamo fondate ragioni per ammettere attualmente che il globo lunare è stato altre volte il teatro di movimenti geologici formidabili, le cui traccie rimangono visibili sul suo suolo così tormentato, e che siffatti movimenti geologici non sono finiti; che quei mari sono stati coperti da acque, e che quest'acqua non è probabilmente al tutto scomparsa; che la sua atmosfera sembra ridotta bensì ai suoi minimi termini, ma che non è distrutta, e che la vita, la quale per secoli e secoli dovette splendere alla sua superficie, non è probabilmente ancora spenta affatto.

Gli esseri e le cose lunari differiscono inevitabilmente dagli esseri e dalle cose terrestri. Il globo lunare è 49 volte più piccolo del terrestre e 81 volte meno pesante. Un metro cubo di luna non pesa che i sei decimi di un metro cubo di terra. Abbiamo veduto anche come la gravità alla superficie di questo mondo sia sei volte più debole che non alla superficie del nostro; e che un chilogrammo trasportato colà e pesato con un dinamometro non peserebbe che 164 grammi. I climi e le stagioni vi differiscono essenzialmente dai nostri. L'anno è composto di dodici giorni e di dodici notti lunari, ciascun dei quali dura 354 ore, coincidendo il giorno col massimo di temperatura e coll'estate, la notte col minimo e coll'inverno, con una differenza termometrica di parecchie centinaia forse di gradi, se l'atmosfera è dovunque estremamente sottile. Ecco dunque delle divergenze, più che non ne occorrano, perchè su questo globo venisse a stabilirsi un ordine di vita assolutamente distinto dal nostro.

Potrebbe darsi che noi avessimo sotto gli occhi dei campi coltivati, delle piantagioni, delle strade, dei villaggi, delle città popolose, e se la visione telescopica divenisse abbastanza forte, degli edifizî, anche delle case, senza che ci venisse in pensiero di vedere in quegli oggetti delle opere dovute alla mano dei Seleniti — se pure hanno mani... Noi non li *riconosceremmo*. Quel che vi sarebbe mestieri vedere è il *movimento*, fosse pur soltanto quello di un gregge.

Lo ripetiamo, i nostri migliori telescopî non avvicinano la Luna a meno di quaranta leghe. Ora, a una distanza siffatta, non solo è impossibile distinguere gli abitanti di un mondo, ma le stesse opere materiali di quegli abitanti rimangono esse pure invisibili; strade, canali, borgate, persino città

popolatissime, si annullano nella lontananza. Si ottengono, è vero, stupende fotografie, e queste fotografie portano in sè allo stato latente tutto ciò che esiste alla superficie della Luna. *Se vi sono colà degli abitanti, essi vi sono,* essi, le loro case, i loro lavori, le loro colture, i loro edifizî, le loro città! Sì, vi sono! ed è difficile sottrarsi ad una certa emozione, quando tenendo fra mano una di queste prove fotografiche, si pensa e si dice fra sè: gli abitanti della Luna sono qui (se esistono), e un ingrandimento sufficiente potrebbe farceli discernere, come si vede al microscopio la strana popolazione di una goccia d'acqua! Sgraziatamente queste fotografie, per maravigliose che siano, non sono perfette; s'ingrandiscono bensì alquanto, cinque volte, dieci volte, ma si ingrandiscono al tempo stesso il granello di collodio e i difetti dell'imagine, e tutto divien tosto vago e confuso, meno utile e meno aggradevole ad analizzarsi della prova primitiva. Non possiamo dunque far altro che limitarci a studiare con cura i più piccoli particolari, a disegnarli esattamente, a riosservarli d'anno in anno, e a constatare le variazioni e i movimenti che potessero produrvisi.

Coloro che si appoggiano sulla differenza che esiste fra la Luna e la Terra per negare la possibilità di qualunque specie di vita lunare, fanno, non un ragionamento da filosofo, ma (mi perdonino l'espressione) un raziocinio da pesce... Qualunque pesce avvocato è naturalmente convinto che l'acqua è l'elemento esclusivo della vita, e che fuori dell'acqua non vi sono viventi. D'altra parte, un abitante della Luna si annojerebbe di certo scendendo nella nostra atmosfera così pesante e così densa (ciascuno di noi sopporta un peso d'aria di 15 000 chilogrammi). *Affermare* che la Luna è un astro morto perchè non somiglia alla Terra, è proprio di una mente ristretta, presumente di tutto conoscere e convinta che la scienza abbia detto la sua ultima parola.

Cotesta vita lunare non avendo al certo potuto essere stabilita sullo stesso piano della vita terrestre, tutto quello che possiamo assicurare intorno a siffatta questione, tanto antica e tanto controversa, è che gli abitanti della Luna, se esistono, debbono essere assolutamente diversi da noi e per organizzazione e per intelletto, e certamente, per la loro origine, assai più differenti che non lo siano gli abitanti di Venere o di Marte.

Non perdiamo d'altra parte di vista che l'emisfero lunare, che noi non conosciamo, è più leggiero dell'altro, e che, quantunque nella sua topografia sembri somigliante a quest'ultimo, noi nulla possiam dire dei fluidi e dei liquidi che vi possono esistere. Senza dubbio, il calor solare condurrebbe da questa parte delle correnti atmosferiche; ma non starebbe forse qui appunto, il segreto dell'incostanza degli effetti osservati nelle occultazioni?

È bizzarra a farsi questa considerazione, che, quantunque la Luna sia di molto meno voluminosa della Terra, gli abitanti di quel mondo, se esistono

debbono essere di una statura assai più alta della nostra, e i loro edifici, se ne hanno, di dimensioni maggiori dei nostri. Esseri della nostra statura e della nostra forza, trasportati sulla Luna, peserebbero sei volte meno, diventando colà sei volte più forti di quel che erano quaggiù; sarebbero di una leggerezza e di una agilità prodigiosa, porterebbero dieci volte il loro proprio peso e smuoverebbero delle masse pesanti una tonnellata sulla Terra. È naturale

Fig. 83. — L'arena del circo lunare di Platone.

supporre che non essendo tenuti al suolo, come noi, da quella palla da forzato che è la gravità, sieno cresciuti in dimensioni tali da dar loro al tempo stesso maggior peso e maggior solidità; e, senza dubbio, se la Luna fosse avvolta in un'atmosfera sufficientemente densa, i Seleniti volerebbero come uccelli; ma certo è che la loro atmosfera non è tale da prestarsi a questo fatto organico. Inoltre, non solamente sarebbe *possibile* ad una razza di Seleniti, eguale alle razze terrestri per forza muscolare, di costruire dei mo-

numenti assai più elevati dei nostri, ma sarebbe anzi per essi *necessario* di dare a quelle costruzioni delle proporzioni gigantesche, e di fondarle sopra basi grandi e massicce, per assicurarne la solidità e la durata.

Gli abitanti della Luna sono di un'origine più antica della nostra, giacchè la Luna, benchè sia figlia della Terra, è relativamente più vecchia. I movimenti geologici, fisici, chimici che l'hanno così violentemente agitata, furono senza dubbio, al pari che sul nostro mondo, contemporanei alla genesi primordiale dei suoi organismi viventi, ma nessuna osservazione prova che codesta vita sia veramente scomparsa (1).

Non vogliamo abbandonare questo mondo vicino senza tentare di renderci conto degli aspetti presentati dalla *Terra veduta stando nella Luna,* e senza formarci un'idea dell'astronomia degli abitanti di questo astro.

Siano quali si vogliano questi esseri, sia che esistano ancora attualmente nel loro periodo di decadenza, come è probabile, sia che l'umanità lunare, sfinita ed esaurita, abbia vissuto per migliaja di secoli e siasi già addormentata nell'ultimo sonno, non è perciò meno piacevole per noi di trasportarci un istante su quella provincia esterna e di renderci conto dello spettacolo dell'universo quale deve presentarsi a chi lo contemplasse da quella stazione speciale.

Supponiamo di arrivare in mezzo a quelle steppe selvagge verso il principio del giorno. Se è prima del levar del Sole, l'aurora non appare ad annunciarlo, giacchè, in un' atmosfera nulla o rara, non v'ha alcuna sorta di crepuscolo, colà *la timida Aurora non apre al Sole il suo palazzo incantato:* ma la luce zodiacale, che tanto di rado si discerne da noi, è perennemente visibile lassù, ed è l' annunziatrice dell' astro sovrano. Tutto ad un tratto, dal nero orizzonte, dardeggiano i rapidi raggi della luce solare, che vanno a colpire le vette delle montagne, mentre i piani e le valli restano nelle tenebre. La

---

(1) Questa interessante quistione degli abitanti della Luna potrebbe essere risolta ai nostri giorni, contemporaneamente ad un gran numero d'altre, da un potente telescopio, la cui costruzione non esigerebbe certamente una spesa superiore ad un milione di lire. Studî fatti in proposito assicurano che si potrebbe fin d'ora, nello stato attuale dell'ottica, costruire uno strumento capace di avvicinare la Luna a qualche lega di distanza, e stabilire ben anco coi nostri vicini del cielo una comunicazione che non sarebbe nè più ardita, nè più straordinaria di quella del telegrafo e del fonografo.

Infatti: qual è l'oggetto di dimensioni più piccole che sia possibile distinguere sulla Luna? Il diametro di questo globo misura effettivamente 3475 chilometri e 31' 24" geometricamente. — Un chilometro sulla Luna misura dunque 0" 54, ed un secondo rappresenta 1850 metri. Ora, attualmente, secondo i calcoli del signor Hal, al quale la scienza è debitrice della scoperta dei satelliti di Marte, si distingue un angolo di 3 centesimi di secondo, vale a dire una lunghezza di 55 metri. Si potrebbe andare anche più in là e discernere un oggetto di 30 metri di larghezza, poichè al sorgere e al tramontare del sole, l'ombra allungata pone in rilievo le altezze di 10 metri.

Noi tocchiamo quasi la meta. Rimarremo noi ancora molto tempo fermi dinanzi la terra promessa senza risolvere gli interessanti problemi offerti all'umana curiosità? Che la più maravigliosa delle scienze susciti un atto d'entusiasmo, o questo allenti le cordicelle... della borsa, e noi ci potremo arricchire del più potente telescopio di tutto il mondo... Chi sa! intanto che noi così discorriamo, forse gli abitanti della Luna stanno lì rannicchiati in fondo alle loro valli, nella pianura vellutata di Platone, contemplandoci, preparati da lungo tempo ad entrare in corrispondenza con noi!

luce cresce lentamente; laddove quaggiù il sole non impiega che due minuti e un quarto per sorgere, sulla Luna invece impiega più di un'ora, e per conseguenza la luce che invia, è, durante parecchî minuti, debolissima, e non si rafforza che con una estrema lentezza.

È una specie d'aurora, ma di breve durata, giacchè quando in capo a mezz'ora metà del disco è sorto, la luce sembra altrettanto intensa all'occhio come allorchè quello trovasi per intero sull'orizzonte. Questi sorger del sole sulla Luna sono ben lungi dall'uguaglire i nostri in splendore. L'illuminazione così dolce e così morbida delle alte zone dell'atmosfera, le tinte d'oro e di porpora delle nubi, gli sprazzi di luce che, come raggi, attraversano il paesaggio, e sopratutto quella rugiada luminosa che tappezza di rubini e di smeraldi la valle e il monte, l'erbe e le fronde, sono fenomeni affatto sconosciuti al nostro satellite.

Ma, d'altra parte, l'astro raggiante vi si mostra colle sue protuberanze e colla sua ardente atmosfera. Si eleva lentamente simile ad una divinità luminosa in fondo a un cielo sempre nero, cielo profondo e senza forma, nel quale *le stelle continuano a splendere di giorno* al pari che di notte, perocchè nessun velo le nasconde. Là il firmamento non si riflette in ispecchio di mare nè di lago.

Neppure la prospettiva aerea esiste nei paesaggi lunari. Gli oggetti più lontani sono tanto distintamente visibili quanto i più vicini e si può quasi dire che, in un siffatto paesaggio, non vi è che un sol piano. Non più quelle tinte vaporose che sulla Terra ingrandiscono le distanze, sfumeggiandole di una luce decrescente; non più di quei chiarori incerti e delicati che aleggiano sulle valli inondate dal sole; non più quell'azzurro che va impallidendo dallo zenit all'orizzonte, e stende un velo celeste e trasparente sui monti lontani: una luce arida, omogenea, abbagliante, rischiara duramente le rupi dei crateri; mancando l'aria non v'ha luce diffusa; tutto ciò che non è esposto direttamente ai raggi del sole, resta nella notte.

A quel modo che noi non vediamo che una sola e medesima faccia della Luna, così la Terra non è veduta che da un solo emisfero lunare. I suoi abitanti ammirano nel loro cielo un astro brillante, di un diametro pressochè quadruplo di quello che a noi presenta la Luna, e di una superficie quattordici volte maggiore (fig. 84). Questo astro è la nostra Terra, che è « la Luna della Luna ». Essa domina quasi immobile in cielo. Gli abitanti del centro dell'emisfero visibile la veggono costantemente al loro zenit; la sua altezza diminuisce colla distanza dei luoghi da quel punto centrico, fino alla periferia di quell'emisfero, donde si vede il nostro mondo appoggiato, come un enorme disco, sulle montagne. Al di là non siamo più visibili.

La Terra, il più grande astro del firmamento lunare, presenta ai Seleniti

le stesse fasi che a noi mostra la Luna, ma in ordine inverso. Al momento del novilunio, il Sole rischiara di fronte l'emisfero terrestre rivolto al nostro satellite, e questo ha la *terra piena;* all'epoca del plenilunio, all'incontro, sta di fronte alla Luna l'emisfero terrestre immerso nella notte, e i Seleniti hanno la *terra nuova;* quando noi abbiamo il quarto di Luna, questa reciprocamente vede il *quarto di terra*, e così via dicendo.

Indipendentemente da queste fasi, il nostro globo si mostra alla Luna con una rotazione di 24 ore, o, per dir meglio, di 24 ore e 48 minuti, poichè la Luna non ritorna dinanzi a ciascun meridiano terrestre che dopo questo intervallo di tempo. Vi sono, in questa rotazione apparente della Terra, delle variazioni di $24^h\ 42^m$ a $25^h\ 2^m$. Ma se gli astronomi lunari hanno saputo calcolare il loro movimento, come lo abbiam fatto per noi, essi sanno che la Luna gira intorno alla Terra e che il nostro pianeta ruota sopra sè stesso in $23^h\ 56^m$. Noi non assicureremo però, come lo fa Keplero (*Astronomia lunaris*), che gli abitanti della Luna abbiano dato alla Terra il nome di *Volva* (da *volvere*, girare); donde trasse motivo d'indicare col nome *Subvolves* (sotto la Girante) gli abitanti dell'emisfero che ci fa fronte, e sotto quello di *Privolves* (privi della Girante) quelli che abitano l'opposto emisfero. Questo nome di Volva era tuttavia molto ben imaginato; giacchè dipinge con tutta precisione il fenomeno terrestre che dovette pel primo colpire la mente degli abitanti del nostro satellite (1).

Nell'emisfero lunare visibile, debbonsi osservare delle strane eclissi solari, fra cui delle eclissi totali che possono durare due ore. L'enorme disco nero della Terra, circondato da un'aureola luminosa, prodotta, dalla rifrazione della luce nella nostra atmosfera, passa dinanzi al disco smagliante del Sole. Si osservano anche qualche volta delle piccolissime *eclissi di Terra*, vale a dire scomparse di certe parti del nostro globo illuminato dal Sole, nell'ombra che la Luna projetta nello spazio.

Si dice dottoralmente sul nostro pianeta: « Priva di qualunque liquido e di inviluppo aereo, la Luna non va soggetta a nessuno dei fenomeni meteo-

---

(1) La Terra ha dovuto essere oggetto di culto per gli abitanti di quest'isola celeste, e i Lunariani designati da Keplero sotto il nome di *Privolvi*, son venuti, almeno una volta nella loro vita, a contemplare, se non ad adorare, l'astro maestoso in tutto il suo splendore al momento della terra piena. Questo pellegrinaggio non richiede dai devoti *Privolvi* più di quattrocento leghe di strada per recarsi dal centro del loro emisfero al lembo dell'opposto, ove si vede il disco della Terra sospeso sopra l'orizzonte. Quattrocento leghe! (1600 chilometri) meno di quel che ne facciano qui i pii Musulmani che dal fondo dell'Africa o dell'Asia si recano alla Mecca per adorare la santa Kaaba, ove non si vede tuttavia che una pietra nera per nulla affatto ragguardevole... Senza dubbio saranno anche stati organizzati treni di piacere per venirci ad ammirare!

Se, sulla Terra, passando dal nord al sud dell'equatore, scorgonsi nuove stelle, per esempio quelle che formano la Croce del Sud, quanto più bizzarro deve essere per un Selenita un viaggio dall'emisfero invisibile a quello a cui il nostro globo si mostra sempre sopra l'orizzonte ed in una quasi assoluta immobilità!

Fig. 84. — La Terra veduta stando nella Luna.

rici che osserviamo sulla Terra; su di essa non v'ha nè pioggia, nè grandine, nè vento, nè temporali. È una massa solida, arida, deserta, silenziosa, senza la più piccola traccia di vegetazione, e dove è *evidente* non potervi trovar da vivere nessun animale. Se però vuolsi ad ogni costo che essa abbia degli abitanti (1), noi vi acconsentiremo volentieri, a patto che si assimilino agli esseri destituiti di qualunque impressionabilità, di qualunque sentimento, di qualunque locomobilità, che si riducano allo stato di corpi bruti, di sostanze inerti, di pietre, di roccie, di metalli, i quali, a nostro avviso, sono i soli Seleniti che esistano. »

Gli accademici della Luna diranno senza dubbio alla loro volta, con una asseveranza non meno convinta: « La Terra è un composto di elementi dissomiglianti e molto straordinarî. Uno, che forma il nucleo dell'astro, e che dà origine alle macchie fisse, sembra aver qualche consistenza, ma è ricoperto da un elemento di una bizzarra costituzione, che sembra non aver nè corpo, nè consistenza, nè stabilità, nè persistenza; non ha nè colore, nè densità; prende tutte le forme, si muove in tutte le direzioni, cede a tutti gli urti, subisce tutte le impulsioni, si allunga, si raccorcia, si condensa, compare e sparisce senza che si possa trovare una ragione a così strane metamorfosi. È il mondo dell'instabilità, il pianeta delle rivoluzioni; esso subisce a volta a volta tutti i cataclismi imaginabili: sembra essere una sostanza in fermentazione che tende a dissolversi. Non vi si scorgono che temporali, trombe, turbini (2) e convulsioni d'ogni sorta. Si pretende esservi degli abitanti su quel pianeta, ma in qual luogo potrebbero vivere? Sull'elemento solido dell'astro? Vi sarebbero schiacciati, soffocati, asfissiati, annegati da quell'altro elemento che da tutte le parti gravita su di esso. Potrebbero, per avventura, attraverso gli squarci che si formano in quella cortina, godere come noi dell'etere puro dei cieli? E poi, chi potrebbe credere che non sarebbero ad ogni istante strappati dal suolo dalla violenza degli sconvolgimenti che ne tormentano la superficie? Voglionsi collocare sullo strato mobile e leggiero che tanto spesso ci nasconde l'aspetto del nucleo centrale? Come mantenersi in piedi su quell'elemento senza solidità?... Non occorrono così prolisse considerazioni per *provare all'evidenza* che questo pianeta è di vastissima dimensione, ma che non offre posto per esseri animati. La Terra intiera non vale l'anima di un

---

(1) L'autore ha dimenticato di avvertire che i Seleniti debbono essere sordo-muti, o di un udito perfettissimo, nel caso che non vi sia aria, o che questa sia rarefattissima. Ad ogni modo per noi là regnerebbe eterno silenzio. IL TRAD.

(2) Le parole *temporali, trombe,* messe in bocca ai Seleniti, sarebbero ammissibili nel solo caso in cui anche sulla Luna si producessero fenomeni analoghi, ciò che massimamente non è. D'altra parte, come potrebbero essi dare a queste perturbazioni meteoriche i nomi che noi diam loro, se noi non sappiamo come denominare quelli che forse realmente produconsi nei bassi fondi lunari, la cui forma e i cui effetti debbono essere ben differenti dalle forme e dagli effetti terrestri?... IL TRAD.

sol Selenita. Se tuttavia vuolsi, malgrado tutto, che essa abbia degli abitatori, sia pure, ma a condizione che essi assomiglino ad esseri fantastici, ondeggianti in balìa di tutte le forze che si combattono su quel pianeta aeriforme. Non possono esistere colà se non animali ben grossolani. Tali sono, a nostro avviso, i soli abitanti che la terra possa possedere. »

Gli scienziati della Luna hanno, come si vede, il talento di dimostrare, nel modo più categorico, ai profani che fanno loro cerchio intorno, qualmente la Terra, non essendo abitabile, non può essere abitata, e che *essa è fatta unicamente per servir da orologio alla Luna, e per rischiararla durante la notte.*

Le diversi parti della superficie terrestre non presentano uno splendore eguale ed uniforme agli occhî dell'osservatore lunare. Ai due poli dell'astro, egli osserva due grandi macchie bianche, che variano periodicamente d'estensione. Man mano che una s'allarga, l'altra si restringe: si potrebbe credere che l'una acquista sempre una porzione di terreno eguale a quella perduta dall'altra, di guisa che una s'innoltra di tanto, di quanto l'altra si ritira, e reciprocamente; quella del polo australe presenta però sempre un' estensione maggiore di quella del polo boreale. Nella Luna si fanno certo mille supposizioni su queste macchie bianche, ma non ne indovinano la natura, nè la ragione.

La Terra è sempre in gran parte involta nelle nubi. Tuttavia, osservazioni perseveranti e diligenti, hanno dovuto accertare il suo moto di rotazione.

Consideriamo il nostro pianeta al momento in cui l'America comincia a sparire sul lembo orientale del disco terrestre; allora dalla Luna si vedono le alte cime delle Cordigliere disegnarsi in rilievo sulla parte oscura, rappresentate da una lunga linea d'ombre e di luce, alcuni punti della quale hanno una bianchezza smagliante. Poi sul lembo opposto si svolge per alcune ore una enorme macchia oscura che scende allargandosi verso la parte meridionale del disco, fino ad occupare quasi tutto l'emisfero; è il grande Oceano, sparso di una moltitudine di isolette rappresentate da punti grigiastri.

L'apparire di due macchie grigie che pajono non farne che una assai allungata (le due isole della Nuova Zelanda), non lungi dai ghiacci australi annuncia la prossima comparsa di una grande macchia verde, ma con gradazioni che offrono quasi tutti i colori dello spettro: è il continente dell'Australia, al nord del quale veggonsi emergere gli arcipelaghi.

Si vedeva già al nord, poco lungi dai ghiacci boreali, una macchia grigiastra, che si spinge al sud formando una punta (la penisola del Kamsciatka) sul fondo oscuro del vasto Oceano; quella macchia si spiega e s'allarga verso occidente e verso mezzodì fino all'equatore; i suoi contorni frastagliati presentano l'aspetto più svariato. È l'Asia, la parte del Mondo Antico che più

s'avanza verso l'estremo oriente. La sua tinta non è guari uniforme; essa mostra al nord la macchia siberiana, le nevi, i ghiacci e le brine.

Tutto il centro della macchia continentale è occupato da una larga zona di una smagliante bianchezza, che pare incorniciata a nord e a sud da montagne altissime (le catene dell'Altai e dell'Himalaja). Quella fascia comincia col gran deserto di Gobi, occupa quasi tutto l'altipiano centrale dell'Asia, e si prolunga attraverso il Cabul e la Persia, fino alle pianure sabbiose dell'Arabia. Il deserto della Nubia e il Sahara, che attraversano l'Africa, non ne sono che il prolungamento. Pertanto questa grande zona deserta divide tutto il Mondo Antico in due porzioni quasi eguali, mercè una lunga striscia di sabbie che riverbera assai lungi negli spazî celesti la luce solare; è la via lattea della Terra.

Al disotto della regione delle sabbie, scorgesi una netevole porzione della terra asiatica, chiusa, per dir così, fra le montagne e l'Oceano, e che riflette sulla Luna una luce verde chiaro; essa comprende le magnifiche contrade della China e dell'India, situate al sud delle montagne della Mongolia e del Tibet.

Superiormente al deserto di Sahara si distingue una piccola macchia stracciata in tutti i versi e molto ramificata; è di colore oscuro, come la gran macchia del disco che circonda tutti i continenti: è il Mediterraneo, che serve di limite meridionale ad una regione di tinta incerta, che tende al grigio ed al verde. Questa regione frastagliata e scissa in penisole ed isole, e che sembra agli abitanti della Luna così poco degna d'attenzione, è la nostra Europa, la cui civiltà, che tutti i popoli invidiano, è abbastanza potente per dettar leggi al resto del mondo. In quanto alla Francia, i Seleniti debbono avere una vista ben acuta per discernerla. Con telescopî della forza dei nostri riconoscerebbero però la forma delle spiaggie, i Pirenei, le Alpi, lo stivale italico, la Manica, la larga imboccatura della Gironda, quella della Senna e forse anche Parigi e le principali città.

L'Europa segna l'estremo limite occidentale del continente antico. Quando il globo planetario avrà ruotato ancora di qualche grado intorno al suo asse, ogni terra sarà scomparsa; l'occhio dei Seleniti non vedrà più altro che la macchia oscura dell'Oceano Atlantico, e la prima terra che si mostrerà sarà l'America, dalla quale abbiamo cominciato.

I dotti del mondo lunare, per ricostruire il nostro mappamondo come lo abbiamo descritto, non hanno a far altro che riunire e confrontare le loro osservazioni e a collegare fra loro i varî frammenti che avranno penosamente raccolti in epoche diverse; per tal guisa le macchie fisse della Terra si sono trovate ricostituite nella loro integrità. È quanto abbiamo già potuto fare noi stessi pel pianeta Marte.

Nella loro lontana stazione, essi hanno anche avuto un vantaggio sui nostri geografi: e fu di poter osservare con facilità tutti i punti del nostro globo, e di ficcare i loro sguardi in mezzo ai misteri delle nostre contrade più inaccessibili, quali sono le regioni polari, che forse ci sono chiuse per sempre, e quelle dell'Africa centrale, che ora appena cominciano ad esserci rivelati. Spettatori indifferenti, posti sulla Luna o sopra Venere, contemplano forse la sera, al chiaro di Terra, con estasi indefinita, quelle inospitali regioni, senza neppur un sospetto delle fatiche e dei pericoli a cui vanno volontariamente incontro i Terrestri per procurarsi le stesse notizie. Forse, vedendo ciascun meridiano terrestre entrare nell'ombra al cader del giorno, pensano pure che quel momento segna successivamente l'ora del riposo e del sonno per tutti gli indigeni del nostro globo.

Per tal modo, il nostro globo è per la Luna un *orologio celeste* perpetuo. Il moto di rotazione della Terra fa l'ufficio della lancetta che fa il giro del quadrante; ogni macchia fissa, situata ad una differente longitudine, è la cifra che segna l'ora allorchè passa per tale o tal altro meridiano della Luna.

I partigiani delle cause finali hanno molto maggior diritto di sostenere che la Terra è fatta a beneficio ed uso della Luna, che di affermare il contrario. La Luna sostiene malissimo la sua parte a nostro riguardo, e mercè la complicità delle nubi, ci lascia per tre quarti del tempo nella oscurità. La Terra invece splende tutte le notti nel cielo lunare sempre puro, e la terra piena coincide sempre colla mezzanotte. Osate dunque a provare a un Selenita che noi non siamo suoi schiavi!

La lunghezza del giorno e della notte, la mancanza di stagioni e di anni, la misura del tempo ridotta a periodi di 29 giorni, divisi in un giorno e una notte di quattordici giorni e mezzo ciascuno, e la presenza costante dell'astro Terra nel cielo, costituiscono per gli abitanti della Luna le differenze essenziali che distinguono il loro mondo dal nostro, dal punto di vista cosmografico. Le costellazioni, le stelle, i pianeti vi si presentano tali quali li osserviamo di qui, ma con una luce più viva, una maggior ricchezza di toni, e in numero assai più considerevole, a motivo della costante purezza del cielo lunare. L'emisfero invisibile, che mai non riceve luce di Terra, sarebbe proprio un osservatorio eccezionale per gli studî astronomici.

Tale è questo mondo lunare, tanto vicino a noi e tuttavia tanto differente. La conoscenza che ne abbiamo non appaga ancora la nostra ambizione scientifica. E quando, adunque, avrà la scienza amici abbastanza devoti da tentare una conquista più completa, da sacrificare in tentativi d'ottica, i cui risultati sarebbero indubbiamente prodigiosi e superiori ad ogni aspettativa, delle somme quali si profondono in pura perdita nelle fonderie di can-

noni e altrove?... Spettacoli maravigliosi aspettano l'eroe dell'astronomia futura (1).

Forse le ultime famiglie dell'umanità lunare stanno colà, munite di strumenti abbastanza potenti per vedere le nostre città, le nostre borgate, le nostre colture, le nostre opere industriali, le nostre ferrovie, le nostre assemblee, e forse anche noi stessi! Forse hanno assistito alle nostre ultime battaglie, ed hanno, dall'alto del cielo, seguìto con animo sospeso i moti strategici della nostra imperturbabile follìa! Forse gli astronomi di questa vicina provincia ci hanno fatti dei segnali ed hanno tentato mille mezzi per fermare la nostra attenzione, ed entrare in comunicazione con noi! Non si può mettere in dubbio che non vi siano stati là degli esseri viventi prima ancora che comparissero sul nostro pianeta; le forze della Natura in nessun luogo serbansi infeconde, ed i periodi che hanno segnato le grandi rivoluzioni geologiche lunari di cui vediamo chiaramente i prodotti, sono stati, come sulla Terra, tempi di grandi produzioni organiche. Forse questa vita lunare è oggigiorno completamente estinta, ma può anche darsi che esista ancora! Se noi volessimo, potremmo uscir d'ogni incertezza in proposito e saper definitivamente che cosa pensarne... sì, se volessimo! E quale splendida maraviglia, qual fortuna insperata, qual estasi fantastica, quel giorno, in cui noi discernessimo con certezza le testimonianze della vita su questo mondo vicino, in cui noi tracciassimo quaggiù colla luce elettrica delle figure geometriche, che essi vedrebbero e riprodurrebbero! Prima e sublime combinazione del Cielo colla Terra! Cercate in tutta la storia dell'umanità un avvenimento così prodigioso! Che dico? cercate dei fatti che arrivino soltanto al calcagno di questo e per vantaggio scientifico e per conseguenze fisiologiche, e voi non troverete che dei pigmei striscianti ai piè di un gigante.

Non si ha coraggio di tentare, perchè non si è sicuri. Sono uomini seri che parlano così! E questi stessi uomini che non osano spendere un milione per tentar la scoperta della vita lunare, spendono, con cuor leggiero, sei miliardi all'anno per battersi fra loro — senza essere però, *a priori*, più sicuri del risultato della battaglia. Ma stendere al suolo centomila morti è cosa piacevole... Oh pazzia delle pazzie!!

Checchè ne sia, la conclusione generale dello studio che abbiam fatto del

---

(1) È certo che, sotto qualsiasi punto di vista, meglio è una conquista scientifica che una conquista fatta a colpi di cannoni; ma non so quale prossimo o immediato vantaggio possa recare all'umanità, nel campo del suo progresso morale, la scoperta di piantagioni, di città o di fortezze di cui potesse essere la Luna disseminata. Che cosa direbbe il signor Flammarion se acuiti i nostri mezzi visivi a tal punto da distinguere colassù comizi popolari ed eserciti in marcia, ci trovassimo innanzi ancora il doloroso spettacolo di popoli che si sbranano o si mitragliano a vicenda per i nostri stessi futili motivi, o per gl'interessi di qualche Bismarck o di qualche Frantz Joseph lunare? Io non crederei che una tale rappresentazione potesse essere un salutare insegnamento pei popoli e pei re del nostro pianeta

IL TRAD.

mondo lunare, è che il nostro concetto della natura deve abbracciare *il tempo* non meno che *lo spazio*. Nello spazio, noi percorriamo milioni e milioni di leghe: nel tempo, dobbiamo viaggiare attraverso i secoli e i milioni di secoli. Il nostro posto e il nostro momento sono relativi a noi, ma per la Natura non hanno nulla di assoluto: per essa, non v'ha altro di assoluto che l'infinito e l'eternità. La vita universale è lo scopo della creazione e il risultato definitivo dell'esistenza della materia e della forza. Ma che un mondo sia abitato oggi, che lo sia stato jeri, o che lo sia domani, nell'eternità è la stessa cosa. La Luna è il mondo d'oggidì; Giove è il mondo di domani: la nozione del tempo s'impone così al nostro spirito come quella dello spazio. Ma la legge della pluralità dei mondi regna pur sempre. Che c'importa l'ora in cui l'umanità arriva su questo o quel mondo? Il quadrante dei cieli è eterno, e l'inesorabil lancetta che segna lentamente i destini, girerà sempre. Siamo noi che diciamo *jeri* o *domani;* per la Natura, è sempre *oggi*.

Prima dell'epoca in cui il primo sguardo dell'uomo terrestre si levò verso il sole ed ammirò la natura, l'universo esisteva come esiste pur oggi. V'erano già altri pianeti abitati, altri soli splendenti nello spazio, altri sistemi gravitanti sotto l'impulso delle forze primordiali della natura; e difatti, v'hanno stelle tanto lontane da noi, che la loro luce impiega milioni di anni a giungere fin qui: il raggio luminoso che noi ne riceviamo oggi è partito dalla loro fotosfera non solamente prima della comparsa dell'uomo sulla Terra, ma prima ancora della nascita stessa del nostro pianeta. La nostra personalità umana, di cui facciamo tanto caso, ed alla cui imagine avevamo raffazzonato un Dio e l'universo intero, è priva di qualsivoglia importanza nell'insieme della creazione. Quando l'ultima palpebra umana si chiuderà quaggiù e il nostro globo — dopo essere stato tanto tempo il soggiorno della vita colle sue passioni, le sue opere, i suoi piaceri e i suoi dolori, i suoi amori e suoi odî, le sue pretese religiose e politiche e tutte le sue inutilità finali — cadrà sepolto nel sudario di una notte profonda che il sole spento non desterà mai più; ebbene! allora come oggi l'universo sarà altrettanto completo, le stelle continueranno a scintillare nei cieli, altri soli saranno accesi e illumineranno altre terre, altre primavere ricondurranno il sorriso dei fiori e le illusioni della giovinezza, altre aurore e altri tramonti si succederanno; e il mondo proseguirà come ai tempi attuali: *imperocchè la creazione si svolge nell'infinito e nell'eternità.*

CAPITOLO VII.

Le maree.

Le acque dell'Oceano s' inalzano e si abbassano ogni giorno col moto regolatore del *flusso* e del *riflusso*. Questo movimento aveva siffattamente sconcertato l'imaginativa degli antichi, che lo si era chiamato la tomba dell'umana curiosità. Esso presenta però ad un attento esame un rapporto tanto evidente col moto della Luna, che parecchî astronomi dell' antichità già lo avevano riconosciuto ed affermato. Fra gli altri Cleomede, scrittore greco del secolo di Augusto, dice positivamente nella sua cosmografia che « la Luna cagiona le maree ». Lo stesso dicasi di Plinio e di Plutarco. Ma il fatto non è dimostrato. Parecchî lo negano. Nei tempi moderni, persin Galileo e Keplero non vi credevano. Newton pel primo intraprese la dimostrazione matematica del fenomeno, che fu poi condotta a termine da Laplace, il quale dimostrò che le maree sono originate dall' attrazione della Luna e del Sole.

La superficie della Terra è coperta in parte dalle acque del mare, le quali, a motivo della loro fluidità, possono facilmente muoversi su quella, obbedendo alla virtù attrattiva della Luna. Ora le differenti porzioni di quelle acque che si stendono intorno al globo, e collocate per conseguenza a distanze diverse dalla Luna, non ne sono attratte egualmente. Le acque del mare situate direttamente al disotto di essa, sono attratte con maggior forza che non la parte solida del globo, considerato nel suo insieme; nella regione opposta, le acque del mare sono per lo contrario meno fortemente attratte perchè più lontane. Ne risulta che le acque situate dalla parte della Luna si elevano in forza di questo eccesso di attrazione, e che dalla banda opposta della Terra, le acque tendono a rimanere indietro, relativamente alla massa terrestre, che è più energicamente attratta di quelle. Per conseguenza, esse vengono ad accumularsi dal lato della Luna, formandovi un ventre o prominenza che non esisterebbe senza la presenza di quest' astro; allo stesso modo esse si accumulano dal lato opposto alla Luna e vi producono un ven-

tre simile (fig. 85). Aggiungete a questo che la Terra, rotando sopra sè stessa in ventiquattro ore, conduce successivamente le diverse parti del suo contorno in presenza della Luna (dal che consegue che le due protuberanze liquide a cui accennammo, dovendo occupar sempre la stessa posizione rispetto alla Luna, cambiano continuamente di posto sulla superficie del globo terrestre), e voi vedrete che in un istesso punto di questa superficie, in un istesso porto, si debbono osservare successivamente due alte maree, e, per conseguenza, anche due basse maree nello spazio di tempo che la Terra impiega a fare un giro intero relativamente alla Luna, vale a dire in 24 ore e 48 minuti.

Il Sole produce un effetto analogo alle acque dei mari; ma la massa enorme di questo astro è più che compensata dalla sua grande distanza dalla Terra, di modo che in conclusione la marea dovuta alla sua azione è molto più debole di quella di cui abbiamo parlato testè, che è dovuta all'azione della Luna.

Pertanto il fenomeno, nel suo andamento generale, è regolato dietro la posizione della Luna rispetto alla Terra; l'azione del Sole non fa che modificarlo, ora accelerando, ora ritardando l'ora della piena, ora aumentando, ed ora diminuendo l'intensità del fenomeno, secondo che il Sole occupa nel cielo tale o tal altra posizione rispetto al pallido astro della notte.

Tenendo conto di queste due circostanze relative alla massa e alla distanza, si trova che l'effetto prodotto dal Sole deve stare a quello prodotto dalla Luna nel rapporto di 1 a 2,05, vale a dire che nel fenomeno generale delle maree, la Luna entra per due terzi ed il Sole soltanto per uno. La Luna solleva all'equatore la superficie del mare di 50 centimetri, e, aggiungendovi l'azione del Sole, l'elevazione giunge a 74. L'altezza va decrescendo fino ai poli, ove l'ampiezza delle oscillazioni riducesi a zero e la superficie del mare conservasi completamente calma.

Le più grandi maree sono quelle, per conseguenza, che cadono nei plenilunî e nei novilunî, dacchè allora le azioni dei due astri si sommano, laddove alla quadratura esse sono in direzioni tra loro perpendicolari.

L'intervallo di tempo compreso fra due alte maree consecutive è eguale, in media, a $12^h\ 24^m$; ma l'alta marea invece di verificarsi precisamente nell'istante in cui la Luna passa al meridiano, non ha luogo che qualche tempo dopo. L'oscillazione della superficie del mare è ben sempre regolata nel suo insieme sul moto diurno della Luna intorno alla Terra, tuttavia ognuna delle fasi di questa oscillazione è in ritardo sull'istante in cui dovrebbe prodursi, giusta le predette considerazioni teoriche, e siffatto ritardo è d'altra parte molto differente dall'un luogo all'altro.

Nei porti francesi, le maggiori maree seguono di un giorno e mezzo il momento del novilunio e del plenilunio.

Il valore dell'inalzamento e del successivo abbassamento del mare è, in generale, molto maggiore di quello che noi abbiamo trovato nel supposto che la superficie liquida prenda ad ogni istante la figura d'equilibrio corrispondente alla intensità e alla direzione delle attrazioni del Sole e della Luna. Abbiam veduto che, in quest'ipotesi, la massima differenza di livello che possa darsi fra un'alta marea e la bassa marea seguente, è soltanto di 0^m, 74 all'equatore, se il Sole e la Luna trovansi alle loro medie distanze; ora, sonvi luoghi ove questa stessa differenza oltrapassa i 13 metri. Sulle spiaggie di debolissima pendenza, la distanza fra il punto a cui arriva l'acqua del flusso, e quella a cui si ferma nel riflusso, è di parecchî chilometri; voi vi coricate all'ora in cui il mare tocca i vostri piedi e vi addormentate al rumore delle onde; il domani mattina al vostro svegliarvi, il mare è scomparso e passeggiate sulla spiaggia a piedi asciutti.

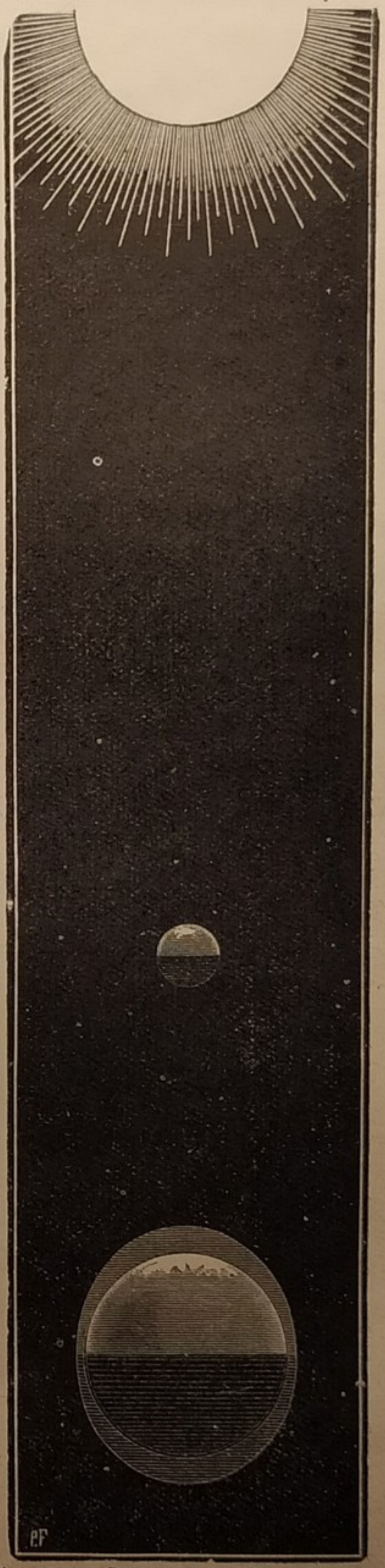


Fig. 85. — Spiegazione delle maree.

Venendo tuttavia al fatto, l'intensità di questa forza, che operando sopra una massa così ragguardevole come quella delle acque oceaniche produce dei movimenti tanto impetuosi da dar origine alle grandi maree, non diminuisce il peso dei corpi più che di una sedicimilionesima parte! Dunque un corpo equilibrato da 16 chilogrammi pesa, quando la Luna viene a passare pel suo zenit, alquanto meno che allorchè l'astro è all'orizzonte; ma quanto di meno? un milligrammo al massimo. Questa cifra ci dà un'idea di ciò che può diventare la forza più insignificante, allorchè essa si moltiplica e invade una massa così gigantesca quale è quella delle acque del mare, e si accumula incessantemente ad ogni istante della sua durata. — A far intendere ancor meglio la debolezza dell'azione della Luna sui corpi terrestri, dirò che, in un oggetto pesante 90 chilogrammi, la diminuzione di peso non sarebbe che di un centigrammo. Un uomo pertanto che cammina, avendo la Luna al suo zenit, non

si sente nemmeno di tanto più leggiero: è la centesima parte del peso di una moneta d'argento da 20 centesimi.

Ma per farsi un'idea adeguata di tutto ciò che un'azione di questa fatta ha potuto produrre sul globo terrestre, non bisogna contar per giorni, nè per

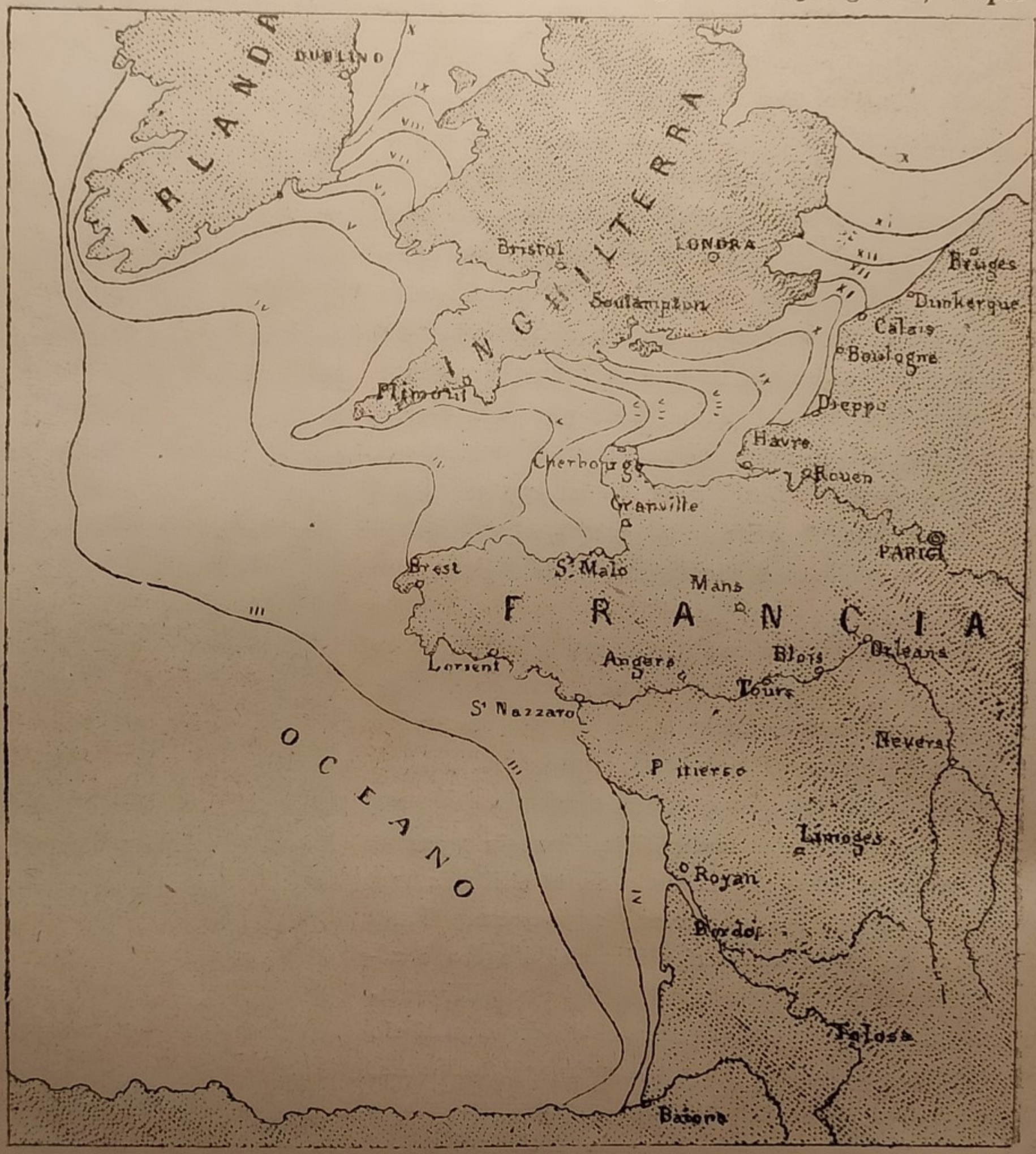


Fig. 86. — Cammino progressivo del flusso pei diversi porti.

anni, ma per secoli e migliaja di secoli. Allora si potrà intendere come la struttura dei continenti e la configurazione delle coste, abbiano potuto essere lentamente, ma irresistibilmente, modificate da quell'ariete dalle mille teste che percuote due volte al giorno le dune e le rocciose coste coi suoi implacabili colpi.

Le acque del mare, contenute entro uno spazio limitato da una parte e dall'altra dai continenti, oscillano in questo spazio formante come una specie di vaso di poca profondità, avuto riguardo alla sua superficie; le loro oscillazioni sono mantenute dalle azioni perturbatrici della Luna e del Sole, la cui intensità e direzione cambiano ad ogni istante. Allorchè, in virtù di queste azioni, la superficie del mare deve salire da certo lato del bacino che lo racchiude, le acque si portano da quel lato con tale velocità, da non potersi arrestare allorchè la loro superficie ha raggiunto l'equilibrio, ma conti-

Fig. 87. — Il gran flusso a Caudebec.

nuano a muoversi nel medesimo verso, fintantochè la loro velocità non sia completamente distrutta dall'azione della gravità e dall'attrito contro il fondo; per tal guisa il moto oscillatorio in direzione verticale raggiunge, sulle rive del mare, delle proporzioni assai maggiori che se il mare si ponesse ad ogni istante in equilibrio sotto l'azione delle forze che gli sono applicate. Da ciò s'intende perchè, non solamente il mare si eleva e si abbassa molto più di quello che parrebbe dovesse fare per l'azione della Luna e del Sole, ma ancora perchè, all'epoca delle sigizie, l'alta marea non ha luogo all'istante

del passaggio della Luna al meridiano; in quel momento le azioni del Sole e della Luna sono nelle condizioni convenienti per sostenere le acque del mare alla massima altezza; ma le acque che sono salite sotto queste azioni col passaggio della Luna al meridiano, continuano a salire per qualche tempo ancora dopo quel passaggio, in virtù dell'acquisita velocità.

La forma di certe spiaggie a crocevia fa sì che l'acqua vi s'ingolfi arrivando, e si elevi ad una ragguardevole altezza.

Le maree dell'Atlantico cagionano, per esempio, delle maree derivate molto forti nella Manica, colla quale comunica liberamente. Allorchè il mare si eleva all'ovest della Francia nei dintorni di Brest, l'onda d'alta marea si eleva a poco a poco nella Manica. Questo piccolo mare trovandosi chiuso bruscamente, l'onda sale contro la barriera che si oppone al suo cammino, e ne risultano delle maree altissime sulle coste della baia di Cancale e specialmente a Granville. Di là il flusso continua a inoltrarsi, e l'alta marea ha luogo successivamente a Cherbourg, all'Havre, a Dieppe, a Calais, ecc. Questo andamento dell'onda di marea è reso sensibile dalla seguente tabella, la quale registra, pei diversi porti delle coste di Francia, il ritardo del flusso sull'istante della culminazione della Luna all'epoca del novilunio e del plenilunio; ritardo che si chiama *stabilimento del porto*. Questa stessa tabella contiene inoltre l'indicazione della media altezza della marea alle stesse epoche. E la differenza tra l'alta e la bassa marea. Si chiama *unità di altezza* la metà di questa differenza, vale a dire l'altezza del livello medio. Questa altezza può essere accresciuta dall'azione del vento, in forza e in direzione.

NOMI DEI PORTI	Stabilimento del porto		Altezza media della marea alle sigizie
	ore	min.	metri
Baiona (foce dell'Adour)	4	5	2,80
Royan (foce della Gironda)	4	5	4,70
Bordeaux	7	45	4,50
Saint-Nazaire (foce della Loira)	3	35	5,36
Lorient	3	22	4,48
Brest	3	46	6,42
Saint-Malo	6	10	11,36
Granville	6	40	12,30
Cherbourg	7	58	5,64
Havre (foce della Senna)	9	50	7,14
Dieppe	11	5	8,80
Boulogne	11	25	7,29
Calais	11	49	6,24
Dunkerque	12	13	5,36

E cosa importante il tener dietro a questo cammino progressivo della marea, il che si può fare col sussidio della fig. 86 a pag. 212, che ne delinea il quadro per la Francia. In conseguenza del ritardo che subisce l'onda di marea, lo *stabilimento*, vale a dire il tempo che decorre fra il passaggio della Luna al meridiano e il momento dell'alta marea, varia in modo singolare secondo i diversi porti.

Pertanto, mentre a Gibilterra il flusso arriva quasi all'istante preciso della culminazione della Luna, il ritardo è già, a Cadice, di un'ora e quindici minuti, e di tre ore sulle coste di Spagna. Progredisce in seguito, come lo mostra la nostra piccola carta. La forma generale di queste curve spiega in modo evidente che la velocità di propulsione delle maree è in ragione inversa della profondità del mare.

Alla foce dei grandi fiumi e specialmente della Senna, la marea produce un effetto singolarissimo e molto pittoresco, a buon diritto ammirato dai viaggiatori. Essa risale con veemenza la corrente del fiume, si precipita in cascate, spinge con furore una falda di acqua che ha talvolta parecchî metri d'altezza e che danneggia tutti gli edificî delle sponde, nel mentre rovescia tutte le imbarcazioni che non sono a galla. Questa singolare accumulazione si produce nelle parti del fiume, ove il fondo va gradatamente elevandosi. Allora le prime onde, propagandosi in un'acqua meno profonda, sono sorpassate da quelle che le seguono e che finiscono col ricadere sulle prime, dacchè è una legge di meccanica che l'onda cammina tanto più velocemente quanto più l'acqua è profonda. È ciò che i francesi chiamano *Barre* o *Mascaret* (1).

---

(1) Questo spettacolo è bello a vedersi specialmente a Caudebec, scegliendo i giorni delle grandi maree di marzo, settembre ed ottobre.

Nei giorni e alle ore indicate, il porto ombroso per alberi secolari e intersecato da viali maestosi, si copre di spettatori. Sono gli abitanti non sazî mai del grandioso spettacolo del loro fiume trasformato, sono gli stranieri accorsi molto da lontano per goderlo e per studiarlo.

Molto tempo prima che il fiotto arrivi, gli occhî impazienti lo cercano all'orizzonte, e i meno pratici credono di vederlo spuntare ad ogni istante all'estremità della baja formata da quella curva della Senna. Un sordo mormorio ne annuncia l'avvicinarsi quando è ancor distante parecchî chilometri; tosto tutti i bastimenti e le barche si affrettano a mettersi al largo e si abbandonano alla corrente che, continuando a discendere, li trascina *incontro al fiotto*.

La piccola flotta cerca i luoghi più profondi che l'esperienza quotidiana dei marinaî del paese indica come i più sicuri. Quei luoghi mutano spesso a motivo delle trasformazioni che il movimento della sabbia opera nel canale. Guai a quella barca imprudente, che per pigrizia o per disprezzo del pericolo, rimanesse indietro! i piani inclinati dell'onda, rovesciandosi indietro in cascate, tosto la ravvolgerebbero nei loro vortici furiosi, e allora scienza e coraggio sarebbero del pari impotenti a salvarla. Troppo spesso deplorevoli naufragi vengono a darne una prova dolorosa.

Il vasto strato d'acqua si avanza con rapidità, inalzando l'un dopo l'altro i navigli e i battelli che, alternativamente, si elevano sulla cresta delle onde, e si nascondono nei loro avvallamenti. Sotto un sole splendido, in mezzo a quella verzura che lo zeffiro appena fa ondeggiare, ecco tutti i movimenti, tutte le agitazioni, tutti i furori di un mare in tempesta.

In breve lo spettacolo cambia per diventare più grandioso e più strano ancora. L'onda enorme che cammina alla testa della marea, si gonfia, si inalza, si raddrizza, e ad un tratto scoppia, per così dire, e il suo vertice crolla con gran fracasso; un enorme cilindro si forma allora e si distende talvolta da una sponda all'altra; è una cascata che cammina, e la sua rapidità è tale che, senza esagerazione, fu potuta paragonare al galoppo di un cavallo da corsa! Il flutto corre lungo le rive, somigliante ad un muro di schiuma, rovesciando tutti gli ostacoli, urtando tutte le prominenze, raddrizzandosi ad ogni istante come un pennacchio gigantesco per ricadere fremendo sulla sponda, che allaga. E il suolo trema persino talvolta sotto i piedi degli spettatori, che veggono, in minor tempo che non occorra per dirlo, passar la massa ribollente che segue la sua corsa sfrenata.

In capo ad alcuni minuti, e meno di mezz'ora dopo l'annunzio del fiotto, questo fiume, dianzi agitato e rumoreggiante, ha ripreso il suo tranquillo aspetto. Solamente la direzione della corrente è mutata; essa risale rapidamente dalla foce verso la sorgente, nella direzione di Rouen ove la barra stessa è qualche volta vis ile.

Se la Luna, che è 81 volte meno potente della Terra, produce quaggiù siffatte maree, quale influenza non deve aver esercitato la Terra sulla Luna, allorchè questa era tuttavia liquida e pastosa? Devesi appunto a quest' influenza l'esser quel globo allungato nel nostro verso, e il non poter girare liberamente sopra sè stesso; ritardando persistentemente il suo antico moto di rotazione, la Terra finì col distruggerlo affatto nella Luna, la quale così conservò sempre lo stesso emisfero rivolto dalla nostra parte. È cosa proprio dispiacevole per tutti.

(L'uomo si vale delle maree per l' ingresso e l' uscita dei suoi bastimenti da' suoi porti. Ma non bisognerebbe concluderne perciò coll' abate Pluche, l'autore dello *Spettacolo della Natura*, che le maree siano state create appositamente per far entrare le navi allo Havre — e l'olio di ricino per espurgare le mucose ingorgate. Queste sono davvero cause finali, non divine, ma perfettamente umane.)

Una domanda che qui sorge spontanea è se il Sole e sopratutto la Luna, agendo sull'atmosfera della Terra, producano un effetto analogo a quello che quegli astri producono sul mare e che abbiamo testè analizzato. Non può esservi il menomo dubbio in proposito. Il Sole e la Luna esercitano le loro azioni sull'aria atmosferica tanto quanto sulle acque del mare, e ne debbono

---

L'introduzione delle acque di marea nella Senna, a motivo della debole pendenza che presenta il thalweg di questo fiume (linea di massima pendenza del fondo della valle), è la causa prima e necessaria di questo movimento delle acque. La differenza di livello fra Rouen e lo Havre, punti lontani l'uno dall'altro 120 chilometri e più, seguendo le sinuosità del fiume, non è tuttavia che di metri 3,74; ogni qualvolta le maree raggiungono nella Manica un'altezza maggiore, le acque accumulate, cercando di equilibrarsi, si versano nella baja, poi si diffondono nel canale. La differenza di livello s' accresce ancora, in questo caso della differenza di densità, le acque dell'oceano essendo più dense di quelle del fiume.

Tale è la spiegazione scientifica di questo bel fenomeno. Essa è per avventura meno piacevole di quella tutta poetica data da Bernardino di Saint-Pierre, eccola:

« La Senna, ninfa di Cerere e figlia di Bacco, correndo un giorno sulle rive del mare, fu scòrta dal vecchio monarca delle acque, che innamoratosi delle sue grazie, si pose ad inseguirla. Già stava per raggiungerla, quando Bacco e Cerere, invocati dalla ninfa, non potendo salvarla altrimenti, la trasformarono in un fiume azzurro, che di poi conservò il suo nome e porta dovunque sulle sue sponde la gioja e la fecondità. Tuttavia Nettuno non cessò dall' amarla, siccome ella conservò la sua avversione per lui. Due volte al giorno ei la insegue con gran muggiti, ed ogni volta la Senna se ne sfugge nei prati, risalendo verso la sua sorgente, contro il corso naturale dei fiumi. »

Un giorno, dopo aver assistito a Caudebec allo spettacolo attraente della barra della Senna io risalivo a piedi, attraverso un bosco amenissimo, la strada che conduce a Yvetot, quando fui raggiunto da un contadino col quale non tardai ad appiccar ragionamento. Come gli ebbi chiesto che cosa egli pensasse, e che cosa si pensasse nella sua vecchia famiglia di un fenomeno ch'essi osservavano da tanti anni, rispose: « Io non so come i dotti lo spieghino, ma per noi ci sembra che non si tratta che dell'antipatia ben conosciuta dell'acqua salsa per l'acqua dolce. Esse non sono per nulla affatto dello stesso carattere, vedete, e v'è lì sotto una predisposizione naturale, che noi ignoriamo. Ma quello che v' ha di certo si è che l'acqua dolce scendendo al mare irrita l'acqua salsa, colla quale essa non arriva a mescolarsi che molto difficilmente. La differenza di colore è facile a seguirsi fino a Trouville. Ebbene! l' acqua salsa finisce poi col crucciarsi. Essa aumenta la propria collera, e tutte le sere, e specialmente agli equinozî, in cui è già naturalmente furiosa, la si decide a scacciar l'acqua dolce e a rimandarla a casa sua e di corsa. Le assicuro, signore, che questa ragione è molto più semplice di quella dell'attrazione della Luna. »

Aggiungiamo che la marea produce analoghi effetti nei fiumi disposti a produrli.

Nella stupenda baja di Monte San Michele, l'arrivo delle grandi maree offre al contemplatore della natura uno dei più bei spettacoli che si possa ammirare.

risultare per l'atmosfera delle vere maree. Ma come possiamo noi verificarne l'esistenza?

Noi non siamo collocati in modo da poter vedere la superficie esterna dell'atmosfera terrestre, a quella guisa che vediamo quella del mare. Le maree atmosferiche non possono dunque esserci rese sensibili dalla osservazione del moto ora ascendente, ora discendente di quella superficie esterna. Trovandoci in fondo all'atmosfera non possiamo accorgerci della esistenza delle sue maree, se non a quella guisa che non ci accorgeremmo delle maree oceaniche, se fossimo collocati sul fondo del mare. Ora è chiaro che il solo effetto che in questo caso noi ne risentiremmo, sarebbe un cambiamento periodico della pressione dell'acqna in ragione dell' alternativo aumentare e diminuire dell'altezza del liquido sulle nostre teste. Le maree atmosferiche non possono dunque rendersi a noi sensibili che a mezzo di variazioni periodiche della pressione esercitata dall'atmosfera nel luogo in cui ci troviamo, vale a dire per mezzo di aumenti e diminuzioni dell' altezza della colonna barometrica che serve di misura a quella pressione. Il calcolo mostra che non vi sarebbe che qualche decimo di millimetro di differenza.

Ridotta a questi termini, la questione è chiarissima. Le osservazioni giornaliere mostrano che l'altezza della colonna barometrica subisce in un istesso luogo delle variazioni accidentali che possono eventualmente andare fino a 40, 50 e persino 60 millimetri, e che abitualmente salgono a parecchî millimetri senza che vi siano perciò delle grandi perturbazioni atmosferiche. Se le maree prodotte nell'atmosfera dall'azione della Luna hanno qualche parte in queste variazioni, bisogna convenire che questa parte è debolissima, e che non siamo autorizzati a vedere in ciò una delle cause principali di quei mutamenti che noi avremmo tanto vantaggio a poter prevedere, e che sventano così bene, checchè si faccia, tutti i tentativi diretti allo scopo di giungere fosse pure ad un saggio grossolano di predizione del tempo.

Forse la Luna non produce solamente delle maree oceaniche ed atmosferiche, ma anche delle maree sotterranee. Il nucleo della Terra essendo liquido, giusta tutte le probabilità, sarebbe periodicamente sollevato dall' attrazione lunare, e quella massa di una grande densità, venendo ad urtare la crosta solida esterna, sarebbe la causa della maggior parte dei terremoti. Alcune ricerche statistiche furono fatte all'intento di verificare l'esattezza di questa tesi, e il loro autore, il signore Perrey, mio dotto collega dell'Accademia di Digione, ha trovato, classificando tutti i terremoti per ordine di data, che ne avviene un maggior numero al novilunio e al plenilunio, del pari che nei giorni in cui la Luna è al perigeo, cioè alla minima distanza dalla Terra.

Noi tocchiamo qui la questione tanto dibattuta delle influenze della Luna.

CAPITOLO VIII.

Le influenze della Luna.

Se l'adagio *Vox popoli vox Dei* fosse vero ancora, si potrebbe affermare che la Luna esercita sulla Terra e sovra i suoi abitanti le influenze più straordinarie. L'opinione popolare vuole ch'essa influisca sui mutamenti di tempo, sullo stato dell'atmosfera, sulle piante, sugli animali, sulle donne, sulle uova, sulle sementi, sopra tutto insomma. La luna è entrata in tutte le forme del linguaggio, dalla « luna di miele » fino alla « luna rossa. » Che v'ha di vero in queste tradizioni? Non tutto certamente è esatto, ma forse neppur tutto è falso.

Un giorno Luigi XVIII diceva ai membri di una deputazione dell'Ufficio delle Longitudini, che gli presentarono un volume della *Connaissance des temps* e l'*Annuario:* « Sono ben lieto di vedervi riuniti intorno a me, poichè voi mi spiegherete chiaramente che cosa è la *luna rossa,* e quale è la sua azione sui raccolti. » Laplace, a cui più particolarmente erano rivolte quelle parole, rimase come atterrito; egli che aveva scritto tutto il possibile intorno alla Luna, non aveva mai in fatto pensato alla luna rossa. Egli consultava collo sguardo tutti i suoi colleghi, ma non vedendo nessuno disposto a prendere la parola, si decise a rispondere: « Sire, la luna rossa non occupa verun posto nelle teorie astronomiche; noi non siamo dunque in grado di appagare la curiosità di Vostra Maestà. » La sera, facendo la sua partita, il re rise molto dell'ımbarazzo in cui aveva posto i membri del *suo* Ufficio delle Longitudini, Laplace lo seppe e corse a domandare ad Arago se poteva illuminarlo circa quella famosa luna rossa che era stata causa di un sì disgustoso contrattempo. Arago andò per informazioni al Giardino delle piante e da altri coltivatori, ed ecco il risultato della discussione sopra questo soggetto.

I giardinieri danno il nome di « luna rossa » alla luna che, cominciando in aprile, diventa piena, sia alla fine di questo mese, sia più ordinariamente nei corso del mese di maggio. Secondo l'opinione popolare, la luce della luna in aprile e maggio esercita un'azione nocevole sui giovani germogli delle piante. Si assicura essersi osservato che la notte, quando il cielo è sereno

le foglie e le gemme esposte a quella luce s'arrossano, cioè gelano, benchè all'aperto il termometro si mantenga di parecchî gradi sopra zero. Aggiungono ancora che, se il cielo coperto arresta i raggi dell'astro e loro impedisce di giungere fino alle piante, quegli effetti non hanno più luogo, anche a parità di condizioni termometriche. Siffatti fenomeni sembrerebbero indicare che la luce del nostro satellite fosse dotata di una certa qual virtù frigorifica; tuttavia, presentando alla Luna le maggiori lenti, i più grandi rifrattori, e collocando nel loro foco dei termometri delicatissimi, non si trovò mai nulla che potesse giustificare una così strana conclusione. Per la qual cosa, da una parte gli scienziati hanno messo la luna rossa fra i pregiudizî popolari, mentre dall'altra gli agricoltori persistono ad essere persuasi della esattezza delle loro osservazioni.

Il fisico Wells ha verificato pel primo che gli oggetti possono acquistare durante la notte una temperatura diversa da quella dell'atmosfera da cui sono circondati. Questo fatto importante è oggi dimostrato. Se si collocano all'aria aperta delle piccole masse di cotone, di piumino, ecc., si trova sovente che la loro temperatura è di 6, 7 e perfino 8 gradi centigradi inferiori a quella dell'atmosfera circostante. I vegetali trovansi nel caso. Non bisogna dunque giudicare del freddo che una pianta ha potuto provare nella notte, dietro le sole indicazioni del termometro sospeso nell'atmosfera. La pianta può essersi gelata benchè l'aria si sia costantemente mantenuta a parecchî gradi sopra zero.

Siffatte differenze di temperatura non si verificano che a tempo perfettamente bello. Se il cielo è coperto, la differenza svanisce affatto o diventa insensibile.

Or bene, nelle notti d'aprile e di maggio, la temperatura non è spesso che di 4, 5 o 6 gradi sopra zero. Quando ciò accade, le piante esposte alla luce della Luna, vale a dire al ciel sereno, possono gelare, malgrado le indicazioni del termometro. Se la Luna per l'incontro non splende, se il cielo è coperto, la temperatura delle piante, non discendendo al disotto di quella dell' atmostera, non vi sarà gelo, a meno però che il termometro non abbia segnato zero. È dunque vero, come pretendono i giardinieri, che in circostanze termometriche al tutto simili, una pianta potrà essere gelata o non esserlo, secondo che la Luna sarà visibile, oppure nascosta dalle nubi; se si ingannano, è solamente nelle conclusioni; è nell' attribuire l' effetto alla luce dell'astro. La luce lunare non è qui altro che l'indizio di un'atmosfera serena, è in conseguenza della purezza del cielo che si effettua il gelo delle piante, e la Luna non vi ha assolutamente parte; ch'essa sia sotto o sopra l'orizzonte, il fenomeno ha luogo ugualmente.

Allo stesso modo, si produce la rugiada. Per effetto dell'irraggiamento not-

turno i corpi esposti all'aria aperta si raffreddano, e un tal raffreddamento condensa alla loro superficie il vapor acqueo sparso nell'atmosfera. La rugiada non scende dal cielo, al par della pioggia, nè si solleva da terra come certe nebbie basse autunnali. Un leggiero schermo, un foglio di carta, una nube bastano ad impedire l'irradiazione e con essa anche la deposizione della rugiada e il gelo.

Si attribuisce ancora alla Luna la proprietà di devastare i vecchî edifizî Il chiaror della Luna sembra compiacersi fra le rovine e i luoghi solitarî, e la mente gli associa le devastazioni cagionate dalla pioggia e dal sole. Osservate le Torri di Nostra Donna di Parigi e paragonate diligentemente il lato sud col lato nord; voi noterete che il primo è senza confronto più deteriorato, più invecchiato del secondo, I custodi vi diranno « che è la luna ». Ora, siccome questo astro segue nel cielo, la stessa strada del Sole, sarebbe certamente assai difficile il far la parte di ciascuno; ma se si riflette che la pioggia e il vento giungono precisamente dalla medesima parte, non si potrà un sol momento dubitare che questi non sieno gli agenti distruttori che agiscono insieme al calor solare, e che la Luna ne è affatto innocente.

Altra questione: *La luna mangia le nubi;* è questo un motto popolare assai comune fra gli abitanti della campagna, e sopratutto fra la gente di mare.

Le nuvole, si dice, tendono a dissiparsi, allorchè i raggi della Luna le colpiscono. È egli permesso di considerare quest'opinione quale un pregiudizio indegno di disamina, quando si vede uno scienziato, quale è il signor John Herschel, portarsi garante della sua esattezza?

Si è detto che la luce lunare non è assolutamente nello stesso stato alla superficie della Terra ove si sono generalmente fatte le esperienze con lenti e specchî, e nelle altitudini aeree in cui si librano le nuvole. Quando la Luna è piena, essa ha subìto da parecchî giorni di seguito l'azione calorifica del Sole. La temperatura è molto elevata. Il vapor acqueo che forma le nubi può trovarsi in quello stato di equilibrio instabile, in cui la più lieve influenza può trasformare i globuli invisibili. Non v'ha per questo meno acqua nell'atmosfera, come l'ho più volte verificato in pallone: ma le nubi scompajono perchè il vapore passa dallo stato visibile all'invisibile. Non è dunque impossibile che le osservazioni dei marinaî e di parecchî scienziati non siano dovute a semplici coincidenze, ma siano appoggiate ad un fatto reale. Per altro io ho spesso osservato di giorno che le nubi leggiere diminuiscono e scompajono in pochi minuti, in conseguenza di variazioni di altezza. In questo caso la Luna non v'entrerebbe per nulla e non servirebbe che a rendere il fatto visibile.

Aggiungiamo che la luce lunare emette raggi chimici. Dopo la scoperta della fotografia si sa che la Luna agisce sulle lastre sensibili, e si dipinge da sè medesima colla massima fedeltà.

In quanto alla *influenza della Luna sul tempo*, l'azione luminosa e calorifica del nostro satellite è così debole, da non poter servire alla spiegazione

Fig. 88. — Il lume di luna sembra preferire le rovine e le solitudini.

dei pregiudizi popolari sulle fasi colle quali essa trovasi necessariamente in relazione. All'epoca del novilunio, il globo lunare non ci manda nè raggi lu-

minosi, nè raggi di calore; al plenilunio, al contrario, corrisponde il massimo degli effetti di questo genere. E, fra quei due periodi, l'azione aumenta o diminuisce per gradazioni insensibili; di guisa che non si vede quale possa essere la causa dei supposti bruschi mutamenti. D'altra parte, prima di ricercar la causa di questi cambiamenti, bisognerebbe che l'osservazione li avesse verificati, ciò che non fu peranco chiaramente stabilito da alcuno (1). Arago ha trovato che a Parigi il massimo dei giorni piovosi cade fra il primo quarto e il plenilunio, e il minimo tra l'ultimo quarto e la luna nuova. Schübler ha trovato lo stesso risultato per Stuttgard. Ma A. di Gasparin venne ad una conclusione opposta per Orange, e ad una diversa ancora il signor Poitevin per Montpellier. È dunque probabile che questi risultati dipendano unicamente dalla variazione del tempo, qualunque sia, e non provano nulla riguardo alla Luna.

Nello stato attuale delle nostre cognizioni, non si può ancora stabilire nulla sulle fasi della Luna. Il motivo per cui un gran numero di coltivatori e di uomimi di mare danno il primo posto alle quattro fasi della Luna nel regime del tempo, gli è che essi non fanno caso di una differenza di uno o due giorni prima o dopo: osservano una coincidenza, e non ne considerano dieci che non hanno luogo.

La previsione del tempo a lunga scadenza, non potrebbe dunque inspirare molta fiducia, fin che fosse basata sui moti della Luna. Una tal previsione non può del resto, esser meglio appoggiata sopra altri documenti. Attualmente, è assolutamente opera vana l'avventurare delle congetture sul bello o sul cattivo tempo, un anno, un mese, anche una sola settimana avanti.

Lo spirito umano, lo spirito popolare sopratutto è così fatto, che ha bisogno di credere, quando pure l'oggetto della sua credenza non sia dimostrato nè reale, nè razionale, e sembra che gli scienziati debbano essere sempre in grado di rispondere a tutte le domande. Si conosce la storia di quella signora che in un'elegante riunione chiedeva ad un membro dell'Accademia: « Che vi è dunque dietro la Luna? — Signora, non lo so. — Ma a che cosa è dovuta la persistenza delle pioggie in quest'anno? — Lo ignoro, signora. — E

---

(1) Questa questione di sapere se la luce della Luna produca effetti calorifici e chimici apprezzabili, non è senza interesse dal punto di vista teorico, ed anche quando si consideri l'ufficio che si attribuisce alla Luna nella spiegazione dei fenomeni meteorologici; essa fu sottoposta alla prova della esperienza.

Le misure fotometriche sembrano mostrare che la luce della Luna piena è di 300 000 volte più debole di quella del Sole. Bisognerebbe supporre tutto il cielo coperto di lune piene, per ritrovare l'intensità della luce del giorno.

Dietro le esperienze minuziosissime di Melloni, Piazzi, Smyth, lord Rosse, Marié, Davy, il calore dei raggi lunari che arrivano al fondo dell'atmosfera in cui noi respiriamo, è uguale appena a 12 *milionesimi di grado!* Sul picco di Teneriffa, sotto uno spessore d'atmosfera assai minore, fu trovato eguale al terzo di una candela collocata a metri 4,75 di distanza. È sempre estremamente debole. In una parola, l'astro delle notti non è affatto privo di influenza su di noi; ma la sua azione non può essere paragonata con quella del Sole, e non governa il tempo, come lo suppongono alcuni dilettanti di meteorologia.

credete voi che gli abitanti di Giove sieno fatti come noi? — Cara signora, non ne so proprio nulla. — Come, signore, voi scherzate! a che serve dunque d'essere così sapienti? — Serve, signora, a rispondere qualche volta che non si sa niente.

Non è senza dubbio vergogna il confessare la propria ignoranza sopra argomenti intorno ai quali nessuno può dire: *Io lo so.* Da che dipende il gran successo dell'almanacco di Matteo Laensberg, che dura fino dal 1636? Evidentemente dalle triviali predizioni che vi sono registrate. Allorchè si specula sull'umana credulità, si è sempre sicuri di riescire; i pronostici possono essere smentiti quanto si vuole, il pubblico continua tuttavia sempre a consultare il famoso almanacco. D'altra parte, in fatto di proverbî, di predizioni e di superstizioni, la memoria resta colpita da un caso sopra cento nel quale si realizzano pronostici o proverbî, e si lasciano passare inosservati gli altri novantanove casi (1).

La condizione delle persone alle quali si riferiscono le predizioni, ha essa pure un'influenza importante. Così nell'almanacco pel 1774, Matteo Laensberg aveva annunciato, dietro la posizione di Venere, che una dama delle più favorite reciterebbe la sua ultima parte nel mese di aprile. Precisamente in quel mese Luigi XV fu colpito dal vajuolo, e la du Barry espulsa da Versaglia. Non ci volle altro per procurare all'almanacco di Liegi un raddoppiamento di favore.

L'Accademia di Berlino aveva anticamente, per suo reddito principale, il prodotto della vendita del suo almanacco. Uno scienziato distinto, vergognandosi di veder figurare in quella pubblicazione predizioni d'ogni genere, fatte a casaccio, o che per lo meno non avevano fondamento in alcun principio accettabile, propose di sopprimerle, e di sostituirvi notizie precise e sicure sopra oggetti che gli parevano dovessero preferibilmente piacere al pubblico; e si tentò quella riforma, ma lo spaccio dell'almanacco ne fu talmente diminuito e, per conseguenza, ne furono così assottigliati i redditi dell'Accademia, che si credette bene di ritornare agli errori di prima, e di riprendere la pubblicazione di pronostici ai quali non credevano neppure gli stessi loro autori.

Al postutto la raccolta astronomica di Francia, che dà tutti gli anni la posizione nel cielo del Sole, della Luna, dei pianeti e delle principali stelle, non ha essa avuto, al pari di tutti gli almanacchi, un'origine piuttosto me-

---

(1) Così, per esempio, un libriccino che ho sott'occhio assicura che una palla tratta all'indirizzo di un zuavo pontificio, in un combattimento, si è schiacciata contro una medaglia « testimoniando così della protezione divina ». Ammettiamo pure la verità del *fatto*, osservato fra mille feriti. Ebbene, non ha molto il figlio di Napoleone III, figlioccio di Pio IX, e protetto da una croce, da una medaglia e da un rosario, è caduto sotto diciassette colpi di zagaglia portatigli dai Zulù. Non si considererà questo fatto assolutamente contrario al primo, e non se ne conchiuderà guari che esso distrugge al centuplo l'argomento precedente, il quale era, del resto, per sè medesimo, una interpretazione arbitraria. — Così si sostiene la credulità!

teorologica che astronomica, e non induce essa in errore il pubblico incompetente che la giudica dal suo frontispizio, poichè s' intitola la *Connaissance des temps?* (Cognizione dei tempi. — trad. letter.). Ora, questa raccolta di calcoli non si occupa affatto del tempo, nel senso generalmente attribuito a questa parola; ma quel titolo s'impone.

È bella la storiella di quel predicatore che declamava contro il lotto « Perchè si son sognati tre numeri — diceva — (e li nominava) si priva la famiglia del necessario e i poveri della parte loro, per giuocare al lotto. » — All'uscir dalla predica, una buona donna si accosta al predicatore e gli dice: « Reverendo, ho intesi i due primi numeri; per grazia, mi ripeta anche il terzo. »

Il pubblico annette ancora alla Luna alcune influenze sul sistema nervoso, sulle piante, sul taglio dei boschi, sulla seminagione di certi legumi, la covatura delle ova, ecc. Da tutte le domande che ho fatto ai sostenitori di siffatte influenze, risulta che *nessuno* mi ha assicurato di aver fatto personalmente *una sola esperienza concludente.*

Benchè non si possa in modo assoluto negare la realtà delle influenze che non sono dimostrate, l'osservazione e la discussione non ci autorizzano a dividere le credenze popolari. Si accusano talora gli scienziati di non volersi rendere all'evidenza; ma qui l'evidenza è lungi dall' esser reale. Senza nulla negare a priori, la scienza non può ammettere se non ciò che è *verificato.*

CAPITOLO IX.

Le eclissi.

Noi siamo giunti qui ad uno dei fenomeni più imponenti e più popolari. Allorchè nel bel mezzo di una splendida giornata, con un cielo puro e senza nubi, il disco smagliante del sole, corroso quasi da un drago invisibile, va a poco a poco scemando, e via via si riduce ad un sottil filo di pallida luce finchè scompare affatto, è egli possibile non rimanere colpiti a tal misteriosa estinzione? Se si ignora che il fatto è dovuto alla interposizione momentanea della Luna davanti all'astro luminoso, e che è un risultato inevitabile del moto regolare del nostro satellite, come non temere il prolungamento di questa notte straordinaria, come non imaginare che ciò sia opera d'un genio malefico, o non vedervi la manifestazione della collera divina? E questa infatti l'impressione generale che si riscontra in tutti i popoli ignoranti, e in tutti i secoli; per la maggior parte di questi popoli è un drago invisibile che mangia il sole. L'impressione cagionata da un'eclisse di luna è dello stesso genere, in quanto essa pure sembra dar indizio di qualche disturbo nell'armonica regolarità apparente dei moti celesti.

Le eclissi, come le comete, sono sempre state interpretate come indizî di calamità inevitabili. La vanità umana vede il dito di Dio che ci fa dei segni per il più futile pretesto, come se noi fossimo lo scopo della creazione universale.

Ricordiamo, per esempio, quanto accadde nella stessa Francia a proposito dell'annunzio di un'eclisse di sole pel 21 agosto 1564. Per uno, essa predicéva una grande rivoluzione negli Stati e la rovina di Roma; per l'altro, trattavasi di un nuovo diluvio universale; per un terzo, ne doveva risultare niente meno che un incendio universale del globo; finalmente pei meno esagerati essa doveva appestar l'aria. La credenza in quei terribili effetti era tanto generale, che, dietro l'ordine espresso dei medici, una moltitudine di persone spaventate si rifuggirono in cantine ben chiuse, ben riscaldate e ben profumate per mettersi al coperto da quelle cattive influenze. Racconta Petit che all'avvicinarsi del giorno decisivo la costernazione era al suo colmo, e che un parroco di campagna, non potendo più bastare a confessare i suoi par-

rocchiani, che credevano giunta la loro ultima ora, si vide costretto ad annunciar loro dal pergamo « di non affrettarsi tanto, perchè, veduta l'affluenza dei penitenti, l'eclisse era stata differita di una quindicina ». Quei buoni parrocchiani non ebbero maggior difficoltà a credere alla dilazione dell'eclisse di quello che ne avesser avuto a credere ai suoi nefasti influssi (1).

La storia ci narra una quantità di fatti memorabili sui quali le eclissi ebbero la più grande influenza. Alessandro, prima della battaglia d'Arbela, fu ad un pelo di veder il proprio esercito messo in fuga dall'apparizione di un fenomeno di questo genere. La morte del generale ateniese Nicia e la rovina della sua armata in Sicilia, da cui comincia la decadenza d'Atene, ebbero per causa un'eclisse di luna. È noto in che modo Cristoforo Colombo, in pericolo di morire di fame alla Giamaica colla sua piccola armata, trovò modo di procurarsi dei viveri minacciando i Caraibi di privarli della luce della Luna. Era l'eclisse appena incominciata, ch'essi si arrendevano. Fu l'eclisse del 1.° marzo 1504 osservata in Europa da parecchî astronomi e che ebbe luogo alla Giamaica a 6 ore di sera. Non ricorderemo altri fatti dello stesso genere, di cui son piene le storie, e che tutti conoscono.

Le eclissi non fanno più paura a nessuno, da che si sa che esse sono una conseguenza naturale e invevitabile dei moti combinati dei tre grandi corpi celesti; il Sole, la Terra e la Luna; dopo che sopratutto si sa che questi moti sono regolari e permanenti, e che col mezzo del calcolo si possono predire le eclissi a cui daranno luogo in avvenire, a quel modo che si possono ritrovare quelle accadute in passato. Così un astronomo della fine dello scorso secolo, Pingré, l'autore della *Cometografia*, ha calcolato le date precise di tutte le eclissi accadute da tremila anni.

Ognuno sa oggigiorno che la Luna è quella che, girando intorno alla Terra, produce ora un'eclisse di sole, quando s'interpone fra quest'astro e la Terra, ora un'eclisse di luna, allorchè si trova dietro la Terra per rapporto al Sole.

---

(1) Gli astronomi, avendo annunciato nel 1764 un'eclisse anulare, il giornale *La Gazette de France*, che esisteva già, pubblicò il seguente articolo, mandatole da un curato di provincia, il quale, senza dubbio, non aveva cognizione che delle eclissi totali: Si teme che l'uffizio del mattino, che deve celebrarsi nelle varie parrocchie domenica 1.° aprile prossimo, non venga disturbato dallo spavento o dalla curiosità che può destare nel popolo l'eclissi *anulare* di sole; si è creduto opportuno di render pubblico il seguente avviso:

« I curati tanto di città che di campagna sono invitati a dar principio e più presto che d'ordinario all'« l'ufficio della quarta domenica di quaresima, a cagione dell'eclisse *totale* di sole, che, verso le dieci ore « di mattina, ricondurrà le tenebre della notte. Sono nel tempo stesso pregati di avvisare il popolo che le « eclissi non hanno su di noi un'influenza, nè morale, nè fisica; che esse non presagiscono nè producono « sterilità, nè contagi, nè guerre, nè accidenti funesti di sorta, e che sono risultati necessarî del moto dei « corpi celesti, altrettanto naturali quanto il sorgere e il tramontare del sole e della luna. »

Si confutò quell'annuncio, mostrando che un'eclisse anulare non può ricondurre *le tenebre della notte*; ma, malgrado l'avvertimento, la voce che si era diffusa in tutta la Francia, fece anticipare l'ufficio nel maggior numero delle parrocchie, persino a Parigi; l'impressione era stata fatta, e non si faceva verun conto dell'avviso pubblicato. — E anche più di vent'anni dopo si rimproverava agli astronomi di essersi sbagliati.

Questi due fenomeni sono di natura diversa. In un' eclisse di sole, la Luna occulta il Sole in totalità od in parte, per certi punti della superficie terrestre; l'eclisse si presenta con tale e tal altro carattere, secondochè lo si osserva da questo, piuttosto che da quel luogo. Qui, è totale od anulare; là non è che parziale, più lungi non scorgesi veruna traccia di eclisse. In un' eclisse di luna, al contrario, il nostro satellite cessa di essere in totalità o in parte rischiarato dal Sole, a motivo dell' interposizione della Terra fra quei due corpi; e questa privazione di luce è visibile per tutti i punti dell' emisfero

Fig. 89. — L'eclisse di luna di Cristoforo Colombo.

terrestre che si trova in quel momento rivolto verso la Luna. Da ciò s' intende tosto che il preannuncio di una eclisse di luna presenta assai minori complicazioni di quello di un'eclisse di sole, poichè, per la prima non si hanno che ad indicare le circostanze generali del fenomeno, che sono le medesime per tutti gli osservatori, laddove per le seconde l'indicazione delle circostanze generali è ben lontana dal bastare a cagione delle varietà di aspetto e della mancanza di simultaneità del fenomeno per gli osservatori dei varî paesi della Terra. Perciò gli antichi, che erano ben lontani dal conoscere il moto della Luna colla precisione con cui lo conosciamo noi, non ave-

vano alcun modo di predire esattamente le eclissi di sole. Pronosticavano solamente quelle di luna, appoggiandosi al fatto ch'esse si riproducono presso a poco periodicamente, presentando gli stessi caratteri e lo stesso intervallo fra esse, ogni 18 anni e 11 giorni, di guisa che bastava aver osservate e registrate tutte quelle che erano accadute in un tal periodo di tempo, per poter annunciare con certezza quelle che dovevano riprodursi nel periodo seguente.

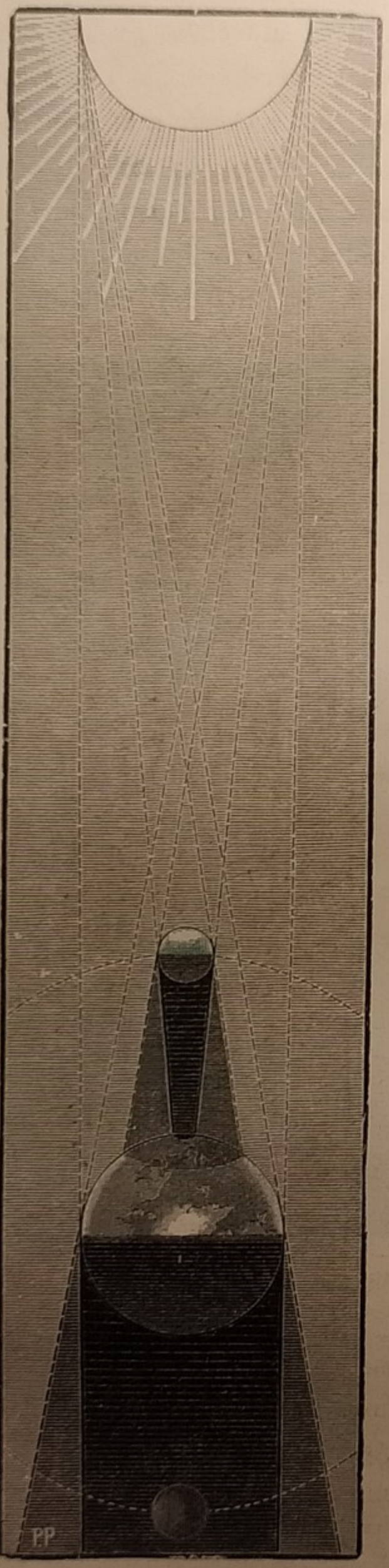


Fig. 90. — Teoria delle eclissi

Al presente, invece, mercè la conoscenza molto più precisa che abbiamo del moto della Luna, e anche di quello del Sole, siamo in grado di calcolare e di annunciare, molti anni e persino molti secoli prima, non soltanto le circostanze generali delle eclissi di luna, non che di quelle del sole, ma altresì tutte le particolarità che queste ultime debbono presentare in qualunque luogo della Terra. Noi possiamo del pari, con un esame retrospettivo, renderci conto di tutte le circostanze che un'eclisse antica ha dovuto presentare in tale o tal altra località, e trovare la data precisa di certi avvenimenti storici la cui epoca è tuttavia soggetto di discussione. Un'eclisse *totale* di sole per un medesimo luogo è una vera rarità (così per esempio, non ve n'ebbe a Parigi fin dall'anno 1724). Erodoto narra che durante una battaglia fra i Lidî e i Medi, un'eclisse totale di sole fermò di colpo i combattenti stupefatti, e pose fine alla guerra. Ebbene, gli storici erano incerti su quella data, e la ponevano fra il 626 e il 583; il calcolo astronomico prova che quella battaglia ebbe luogo il 28 maggio dell'anno 585 avanti Cristo.

Spieghiamo in poche parole questi fenomeni.

Le eclissi di sole avvengono sempre al momento del novilunio, e quelle di luna al momento del plenilunio. Questa circostanza ha da lungo tempo fatto conoscere la causa a cui debbonsi attribuire. All'istante del novilunio, la Luna passando fra la Terra e il Sole, può mascherare a

nostro sguardo una porzione più o meno grande di quest'astro. All'istante del plenilunio, al contrario, la Terra si trova fra il Sole e la Luna; essa può dunque impedire ai raggi solari di giungere alla superficie di quest'ultima. Tutto così spiegasi facilmente.

Se la Luna girasse intorno alla Terra nello stesso piano in cui questa gira intorno al Sole, essa si eclisserebbe nella nostra ombra ad ogni plenilunio, ed eclisserebbe il Sole ad ogni novilunio, come si vede nella figura 90 nella pagina precedente. Ma essa passa talvolta sopra e altra volta sotto quel piano, che così nel plenilunio non sempre entra nel cono d'ombra

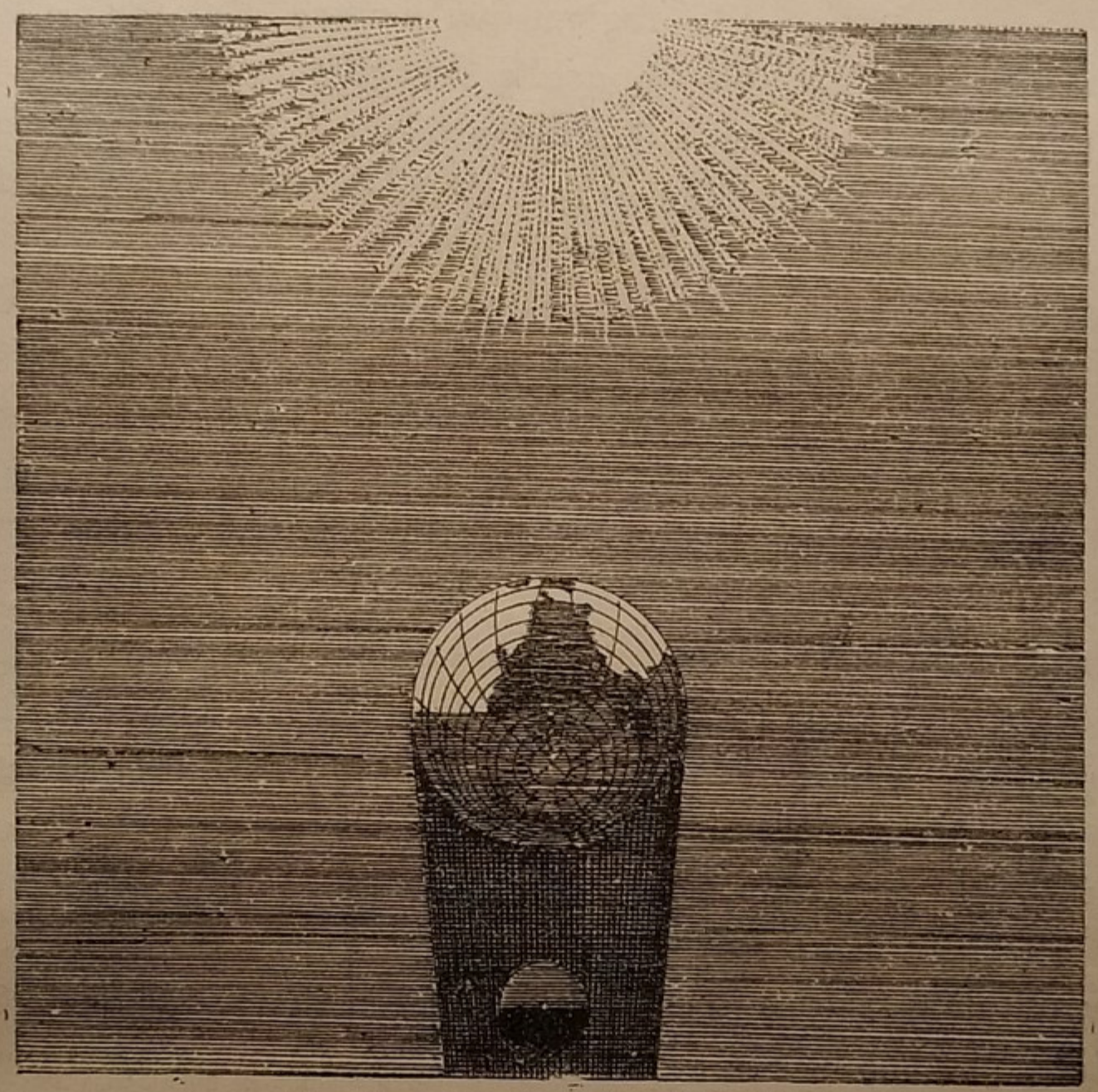


Fig. 91. — Teoria delle eclissi di luna.

della Terra, mentre non può essere eclissata che quando vi entra tutta od in parte.

Il lettore potrà agevolmente rendersi conto della produzione delle eclissi esaminando questa figura. Il Sole è rappresentato in alto del disegno. Nella parte inferiore, si vede la Terra accompagnata dalla Luna. Questa gira, come si sa, intorno alla Terra. Allorchè passa, al momento del plenilunio (porzione inferiore dell'orbita), attraverso l'ombra del nostro globo, non riceve più la luce del Sole: avviene un'*eclisse di luna*, totale o parziale, secondo che il nostro satellite è totalmente o parzialmente immerso nella nostra ombra.

Da ciascun lato del cono di ombra perfetta v'ha una penombra (che s'in-

tenderà tenendo dietro alle linee punteggiate), dovuta al fatto che solamente una porzione della luce solare penetra in quello spazio. Una seconda penombra è prodotta dall'atmosfera che involge il nostro globo. Dall'altra parte, allorchè all'istante del novilunio il nostro satellite passa proprio davanti al Sole, la sua ombra (portata) discende verso di noi e disegna sul nostro globo un cerchietto scuro che viaggia sui varî paesi a seconda del moto di rotazione della Terra. Tutti i paesi sui quali passa quell' ombra hanno il sole nascosto per qualche tempo; havvi *eclisse di sole, totale* se la Luna trovasi abbastanza vicina a noi, perchè il suo diametro apparente superi quello del Sole; *anulare* se si trova nella regione più lontana della sua orbita, e allora il suo disco è più piccolo di quello del Sole; *parziale* se i centri dei due astri non coincidono, e se la Luna non copre il Sole che da una parte.

Tale è la teoria generale delle eclissi. Esaminiamo adesso i particolari del fenomeno, e cominciamo colle *eclissi di Luna*.

Quantunque la Luna sia piccolissima in paragone del Sole, essa sottende presso a poco il medesimo angolo, per la ragione che è molto più vicina; accade ben anche per motivo delle variazioni di distanza dei due astri dalla Terra, che essi si superino alternativamente in grandezza apparente, vale a dire che la Luna presenti un diametro ora più grande, ora più piccolo di quello del Sole.

Consideriamo ora il fatto che la Terra projetta dietro di sè, dalla parte opposta del Sole, un cono d'ombra la cui lunghezza è 108 volte il diametro del nostro globo, ossia 344 000 leghe. A questa distanza termina in un punto. Alla distanza media della Luna, 96 000 leghe, l' ombra della Terra è larga un po' più di due volte (2,2) la Luna. Quando la nostra notturna compagna attraversa quell'ombra, essa si eclissa.

Al principio di un'eclisse totale di luna, si nota un indebolimento della sua luce, leggiero dapprima, poi sempre più spiccato; in quel momento la Luna entra od è entrata da qualche tempo nella penombra. Poi si forma sul lembo una piccola tacca nera, la quale a poco a poco si estende ed invade la porzione luminosa del disco. Il contorno di quell'intaccatura è curvilineo ed è una delle prime prove che si ebbero della sfericità della Terra, giacchè l'ombra ha naturalmente la stessa forma del profilo dell' oggetto che la produce.

Il colore dell'ombra è dapprima un nero grigiastro, che non permette di nulla discernere sulla porzione eclissata; ma mano mano che l'ombra invade il disco lunare, una tinta rossa lo copre sempre più e le particolarità delle macchie principali diventano visibili. Tra la falce lunare, e il centro rossastro dell'ombra stendesi una zona di un grigio azzurro. Giunta l'eclisse alla sua totalità, il rosso si fa più intenso e si diffonde presto sopra il disco intero.

L'eclisse di luna può durare fino due ora circa. Dopo aver attraversato l'ombra della Terra in tutta la sua larghezza, essa ricompare presentando dapprima una sottil falce luminosa, che s'allarga insensibilmente. Il suo moto proprio intorno a noi effettuandosi da ovest ad est, vale a dire da destra verso sinistra, essa penetra nella nostra ombra e comincia ad eclissarsi pel suo lato sinistro e orientale, ed è pure quello stesso lato che torna pel primo alla luce del Sole.

La Luna non scompare quasi mai completamente nelle eclissi totali. La ragione di un tal fatto sta nella rifrazione subìta dai raggi solari, i quali, attraversando gli strati inferiori più densi dell'atmosfera terrestre, si piegano e gettano sulla Luna le tinte purpuree dei nostri tramonti. Tuttavia è divenuta talune volte completamente invisibile; si citano, come esempio di questo fatto, le eclissi del 1642, 1761 e 1816; era impossibile di trovar nel cielo il posto della Luna. Altre volte la visibilità, senza esser nulla, è molto imperfetta. Qualche volta, al contrario, come nel 1703 e 1848, la Luna rimase tanto rischiarata che era lecito dubitare ch'essa fosse veramente eclissata. La spiegazione di queste circostanze sta nello stato particolare dell'atmosfera su tutta la periferia terrestre che abbraccia i luoghi dove il Sole si leva e tramonta al momento dell'eclisse (1).

Le eclissi di luna essendo dovute unicamente alle posizioni relative del Sole e della Luna nel cielo, si intende come la conoscenza delle leggi del moto di quei due astri permetta non soltanto di calcolare a priori le epoche in cui questi fenomeni debbono prodursi, ma anche di predire le varie circostanze che essi debbono presentare. Daremo quindi un'idea del processo seguito dagli astronomi per raggiungere questo scopo.

Abbiamo già veduto che « *linea dei nodi* » si chiama la retta comune sezione del piano dell'orbita lunare con quello dell'eclittica, e che quei due piani fanno tra loro un angolo di 5 gradi (2). Quella linea ruota, cioè i suoi

---

(1) V'ha un altro fenomeno che sembra in contraddizione colla teoria geometrica delle eclissi. Voglio dire la presenza simultanea del Sole e della Luna *sopra* l'orizzonte, durante un'eclisse di luna. Il primo di questi astri tramontando al momento che l'altro si leva, sembra che la Luna, la Terra e il Sole non sieno più in linea retta. Non v'ha in tutto ciò che un'apparenza dovuta alla rifrazione. Il Sole, già sotto l'orizzonte, è rialzato dalla rifrazione e resta per noi visibile (vedi fig. 35, pag. 80). Lo stesso avviene per la Luna, la quale non è realmente sorta ancora quando già ci sembra che lo sia. Si citano le eclissi del 1666, 1668 e 1750 come esempî di questa singolare circostanza. Ma non è mestieri andar tanto indietro. Nell'anno 1877, per esempio, ai 27 di febbrajo, la Luna si levò a 5h 26m e il Sole tramontò a 5h 39m, mentre l'eclisse totale aveva già avuto principio. Per veder la Luna totalmente eclissata prima del tramonto del Sole, è necessario e sufficiente che la Luna trovisi all'orizzonte nel mezzo dell'eclisse. Se il fatto non si osserva più spesso, è per difetto di osservatori. — La coincidenza più rara è di veder contemporaneamente il Sole e la Luna proprio nel mezzo di una eclisse totale.

(2) Per chi non è iniziato ai principî di stereometria, credo opportuno dare alcuni schiarimenti. Due pagine consecutive di un libro possono rappresentare due piani: esse si incontrano evidentemente secondo una retta: scostandole una dall'altra si forma un angolo *diedro*, la cui misura non è data da due rette qualunque tracciate sulle facciate a riscontro e convergenti nel medesimo punto della comune sezione: bisogna

estremi girano lungo l'eclittica, in modo che essa torna nella posizione precedente rispetto al Sole in capo a 223 lunazioni, o 6585 giorni, ossia 18 anni e 11 giorni. Siccome le eclissi non hanno luogo se non quando la luna piena e la luna nuova si trovano su quella linea, è necessario e sufficiente registrare tutte le eclissi che si verificano durante quel periodo, per conoscere tutte quelle che possono accadere indefinitivamente nell'avvenire. Questo sistema di predizione era già conosciuto, tre o quattro mila anni or sono, dai Caldei, e indicato sotto il nome di *Saros*.

Ma siffatto periodo non è assolutamente matematico. Esso può servire a pronosticare che un'eclisse accadrà in tale epoca, ma non a far conoscere con precisione la quantità o la durata di quella eclisse, che differisce realmente alquanto dall'eclisse precedente, colla quale dovrebbe essere identica se il periodo fosse esatto. Può inoltre avvenire che un'eclisse parziale debolissima non si riproduca affatto in capo a 18 anni e 11 giorni, ed altresì che un'eclisse parziale si riproduca 18 anni e 11 giorni dopo un'epoca in cui non vi fu eclisse.

Per la qual cosa, l'uso di questo periodo, che era il solo mezzo impiegato dagli antichi per queste predizioni, non può più bastare attualmente, dacchè le teorie astronomiche permettono di raggiungere una precisione incomparabilmente maggiore nell'ottenere una prima notizia della serie di eclissi che debbono accadere.

Dal punto di vista dell'*Astronomia popolare* siffatta notevole periodicità non è meno importante a considerarsi, e mi son fatto un piacere di offrire ai miei lettori il quadro qui annesso del *ciclo di tutte le eclissi di luna*. Non v'ha alcuno che non ne abbia osservate parecchie, a cui non si colleghino dei ricordi più o meno intimi.

L'ispezione di questo elenco (pag. 233) mostra a un tempo il merito e l'insufficienza di questo metodo. Come vedesi, le stesse eclissi ritornano dopo 18 anni 11 giorni e 7 od 8 ore circa (l'ora segnata è quella del mezzo dell'eclisse). La data è diminuita di un giorno quando nell'intervallo v'è un anno bisestile in più; esempio: 7 febbraio 1860, 17 febbraio 1878. La quantità dell'eclisse è anche press'a poco la medesima; tuttavia, un'eclisse parziale può diventare totale: così, quella del 13 ottobre 1856, che era di 99 centesimi del disco lunare, fu totale il 25 ottobre 1874. Le differenze d'ora costituiscono pel pubblico la più gran differenza apparente, atteso che esse

---

che quelle rette siano *perpendicolari* alla comune sezione, in modo che facendo combaciare le due pagine, la retta tracciata sopra una facciata venga esattamente a sovrapporsi a quella tracciata sulla facciata dell'altra pagina: staccando più o meno l'una dall'altra le due pagine, l'angolo fatto fra loro dalle due rette cambierà, ma segnerà sempre il vero angolo formato dai piani rappresentati dalle due pagine.

IL TRAD.

CICLO COMPLETO DELLE ECLISSI DI LUNA

MODO FACILE DI CALCOLARNE IL RITORNO.

L'eclisse del			a Parigi h. m.	è tornata il			a Parigi h. m.
26 gennajo . . .	1842	Parziale, visibile	5.55 sera	7 febbrajo . . .	1860	Parziale, visibile	2.38 mattina
22 luglio	1842	Parziale, invisibile	10.57 mattina	1 agosto . . .	1860	Parziale, invisibile	5.34 sera
7 dicembre . . .	1843	Parziale, visibile	0.20 mattina	17 dicembre . . .	1861	Parziale, visibile in parte . .	8.27 mattina
31 maggio	1844	Totale, visibile	11. 0 sera	12 giugno	1862	Totale, invisibile	6.30 mattina
24 novembre . . .	1844	Totale, visibile	11.54 sera	6 dicembre . . .	1862	Totale, visibile in parte . . .	7.50 mattina
21 maggio . . .	1845	Totale, invisibile	4. 3 sera	1 giugno . . .	1863	Totale, visibile	11.36 sera
14 novembre . .	1845	Parziale, visibile	0.59 mattina	25 novembre . . .	1863	Parziale, visibile in parte . .	9. 6 mattina
	1846	*Nessun'eclisse di luna.*			1864	*Nessun'eclisse di luna.*	
31 marzo	1847	Parziale, visibile	9.36 sera	11 aprile . . .	1865	Parziale, visibile in parte . .	4.47 mattina
24 settembre . .	1847	Parziale, invisibile	2.43 sera	4 ottobre . . .	1865	Parziale, visibile	10.49 sera
19 marzo	1848	Totale, visibile	9.21 sera	31 marzo	1866	Totale, visibile in parte . . .	4.43 mattina
13 settembre . .	1848	Totale, visibile in parte . . .	6.28 mattina	24 settembre . .	1866	Totale, invisibile	2.16 sera
9 marzo	1849	Parzialè, visibile	1. 5 mattina	20 marzo	1867	Parziale, invisibile	8.58 mattina
2 settembre . .	1849	Parziale, invisibile	5.19 sera	13 settembre . .	1867	Parziale, visibile	mezzanotte 36
	1850	*Nessun'eclisse di luna.*			1868	*Nessun'eclisse di luna.*	
17 gennajo . . .	1851	Parziale, visibile in parte . .	4.59 sera	27 gennajo . . .	1869	Parziale, visibile	1.48 mattina
13 luglio	1851	Parziale, invisibile	7.30 mattina	23 luglio	1869	Parziale, invisibile	2.12 sera
7 gennaio . . .	1852	Totale, visibile in parte . . .	6.19 mattina	17 gennajo . . .	1870	Totale, visibile in parte . . .	2.56 sera
1 luglio	1852	Totale, invisibile	3.35 sera	2 luglio	1870	Totale, visibile	10.44 sera
26 dicembre . .	1852	Parziale, invisibile	1.12 sera	6 gennajo . . .	1871	Parziale, visibile	9.26 sera
21 giugno	1853	Parziale, invisibile	6.11 mattina	2 luglio	1871	Parziale, invisibile	1.37 sera
12 maggio . . .	1854	Parziale, invisibile	3.55 sera	22 maggio	1872	Parziale, visibile	11.28 sera
4 novembre . .	1854	Parziale, visibile	9.22 sera	15 novembre . . .	1872	Parziale, visibile	5.29 mattina
2 maggio . . .	1855	Totale, visibile in parte . . .	4.14 mattina	12 maggio . . .	1873	Totale, invisibile	11.30 mattina
25 ottobre	1855	Totale, visibile in parte . . .	7.38 mattina	4 novembre . .	1873	Totale, visibile in parte . . .	4. 0 sera
21 aprile	1856	Parziale, invisibile	9.16 mattina	1 maggio . . .	1874	Parziale, invisibile	4.12 sera
13 ottobre . . .	1856	Quasi totale (0,99), visibile . .	11. 3 sera	25 ottobre . . .	1874	Totale, visibile in parte . . .	7.25 mattina
	1857	*Nessun'eclisse di luna.*			1875	*Nessun'eclisse di luna.*	
27 febbrajo . . .	1858	Parziale, visibile	10.23 sera	10 marzo	1876	Parziale, visibile in parte . .	6.30 mattina
24 agosto	1858	Parziale, invisibile	10,52 mattina	3 settembre . .	1876	Parziale, visibile	9.32 sera
17 febbrajo . . .	1859	Totale, invisibile	2.30 sera	27 febbraio . . .	1877	Totale, visibile in parte . . .	7.25 sera
13 agosto	1859	Totale, invisibile	4.43 sera	23 agosto	1877	Totale, visibile	11.21 sera
7 febbrajo . . .	1860	Parziale, visibile	2.38 mattina	17 febbrajo . . .	1878	Parziale, invisibile	11.20 mattina
1 agosto	1860	Parziale, invisibile	5.34 sera	13 agosto	1878	Parziale, visibile	0.17 mattina

E così via, l'eclisse seguente del 17 dicembre 1861 (=7 dicembre 1843) ritorna nel 1879, il 28 dicembre, ecc.

CICLO COMPLETO DELLE ECLISSI DI LUNA

MODO FACILE DI CALCOLARNE IL RITORNO.

L'eclisse del			a Parigi h. m.	è tornata il			a Parigi h. m.
26 gennajo . . .	1842	Parziale, visibile	5.55 sera	7 febbrajo . . .	1860	Parziale, visibile	2.38 mattina
22 luglio	1842	Parziale, invisibile	10.57 mattina	1 agosto . . .	1860	Parziale, invisibile	5.34 sera
7 dicembre . . .	1843	Parziale, visibile	0.20 mattina	17 dicembre . . .	1861	Parziale, visibile in parte . .	8.27 mattina
31 maggio	1844	Totale, visibile	11. 0 sera	12 giugno	1862	Totale, invisibile	6.30 mattina
24 novembre . . .	1844	Totale, visibile	11.54 sera	6 dicembre . . .	1862	Totale, visibile in parte . . .	7.50 mattina
21 maggio . . .	1845	Totale, invisibile	4. 3 sera	1 giugno . . .	1863	Totale, visibile	11.36 sera
14 novembre . .	1845	Parziale, visibile	0.59 mattina	25 novembre . . .	1863	Parziale, visibile in parte . .	9. 6 mattina
	1846	*Nessun'eclisse di luna.*			1864	*Nessun'eclisse di luna.*	
31 marzo	1847	Parziale, visibile	9.36 sera	11 aprile . . .	1865	Parziale, visibile in parte . .	4.47 mattina
24 settembre . .	1847	Parziale, invisibile	2.43 sera	4 ottobre . . .	1865	Parziale, visibile	10.49 sera
19 marzo	1848	Totale, visibile	9.21 sera	31 marzo	1866	Totale, visibile in parte . . .	4.43 mattina
13 settembre . .	1848	Totale, visibile in parte . . .	6.28 mattina	24 settembre . .	1866	Totale, invisibile	2.16 sera
9 marzo	1849	Parzialè, visibile	1. 5 mattina	20 marzo	1867	Parziale, invisibile	8.58 mattina
2 settembre . .	1849	Parziale, invisibile	5.19 sera	13 settembre . .	1867	Parziale, visibile	mezzanotte 36
	1850	*Nessun'eclisse di luna.*			1868	*Nessun'eclisse di luna.*	
17 gennajo . . .	1851	Parziale, visibile in parte . .	4.59 sera	27 gennajo . . .	1869	Parziale, visibile	1.48 mattina
13 luglio	1851	Parziale, invisibile	7.30 mattina	23 luglio	1869	Parziale, invisibile	2.12 sera
7 gennaio . . .	1852	Totale, visibile in parte . . .	6.19 mattina	17 gennajo . . .	1870	Totale, visibile in parte . . .	2.56 sera
1 luglio	1852	Totale, invisibile	3.35 sera	2 luglio	1870	Totale, visibile	10.44 sera
26 dicembre . .	1852	Parziale, invisibile	1.12 sera	6 gennajo . . .	1871	Parziale, visibile	9.26 sera
21 giugno	1853	Parziale, invisibile	6.11 mattina	2 luglio	1871	Parziale, invisibile	1.37 sera
12 maggio . . .	1854	Parziale, invisibile	3.55 sera	22 maggio	1872	Parziale, visibile	11.28 sera
4 novembre . .	1854	Parziale, visibile	9.22 sera	15 novembre . . .	1872	Parziale, visibile	5.29 mattina
2 maggio . . .	1855	Totale, visibile in parte . . .	4.14 mattina	12 maggio . . .	1873	Totale, invisibile	11.30 mattina
25 ottobre	1855	Totale, visibile in parte . . .	7.38 mattina	4 novembre . .	1873	Totale, visibile in parte . . .	4. 0 sera
21 aprile	1856	Parziale, invisibile	9.16 mattina	1 maggio . . .	1874	Parziale, invisibile	4.12 sera
13 ottobre . . .	1856	Quasi totale (0,99), visibile . .	11. 3 sera	25 ottobre . . .	1874	Totale, visibile in parte . . .	7.25 mattina
	1857	*Nessun'eclisse di luna.*			1875	*Nessun'eclisse di luna.*	
27 febbrajo . . .	1858	Parziale, visibile	10.23 sera	10 marzo	1876	Parziale, visibile in parte . .	6.30 mattina
24 agosto	1858	Parziale, invisibile	10,52 mattina	3 settembre . .	1876	Parziale, visibile	9.32 sera
17 febbrajo . . .	1859	Totale, invisibile	2.30 sera	27 febbraio . . .	1877	Totale, visibile in parte . . .	7.25 sera
13 agosto	1859	Totale, invisibile	4.43 sera	23 agosto	1877	Totale, visibile	11.21 sera
7 febbrajo . . .	1860	Parziale, visibile	2.38 mattina	17 febbrajo . . .	1878	Parziale, invisibile	11.20 mattina
1 agosto	1860	Parziale, invisibile	5.34 sera	13 agosto	1878	Parziale, visibile	0.17 mattina

E così via, l'eclisse seguente del 17 dicembre 1861 (=7 dicembre 1843) ritorna nel 1879, il 28 dicembre, ecc.

possono rendere l'eclisse visibile od invisibile per un determinato luogo, secondochè la luna è sopra o sotto l'orizzonte.

Daremo più innanzi la lista di tutte le eclissi di luna e di sole che si verificheranno da ora al secolo XX (1).

---

(1) Ho osservato, dal 1858 (anno del mio ingresso all' Osservatorio di Parigi) in poi, tutte le eclissi che furono visibili a Parigi. Alcune di esse presentarono delle particolarità interessanti.

Quella del 1.° giugno 1863 fu osservata in compagnia del mio faceto maestro Babinet e del compianto amico Goldschmidt. Il disco lunare è rimasto continuamente visibile, colorato in rosso scuro, benchè l' occultazione totale abbia durato più d'un'ora. Prima e dopo la totalità, la falce lunare illuminata presentava una tinta azzurrastra, derivante evidentemente dal contrasto della sua luce bianca contigua alla rossa. Per tutta la durata dell' eclisse si distinsero le varie tinte chiare e scure del disco. Il nostro satellite passava quella sera davanti una regione celeste assai popolata di stelle, e il moto della Luna faceva credere che quelle piccole stelle camminassero lungo il lembo; parecchie di esse parvero successivamente nascoste e scoperte dalle irregolarità prodotte nel lembo lunare dalle sue montagne A mezzo dell'eclisse, la Luna presentò

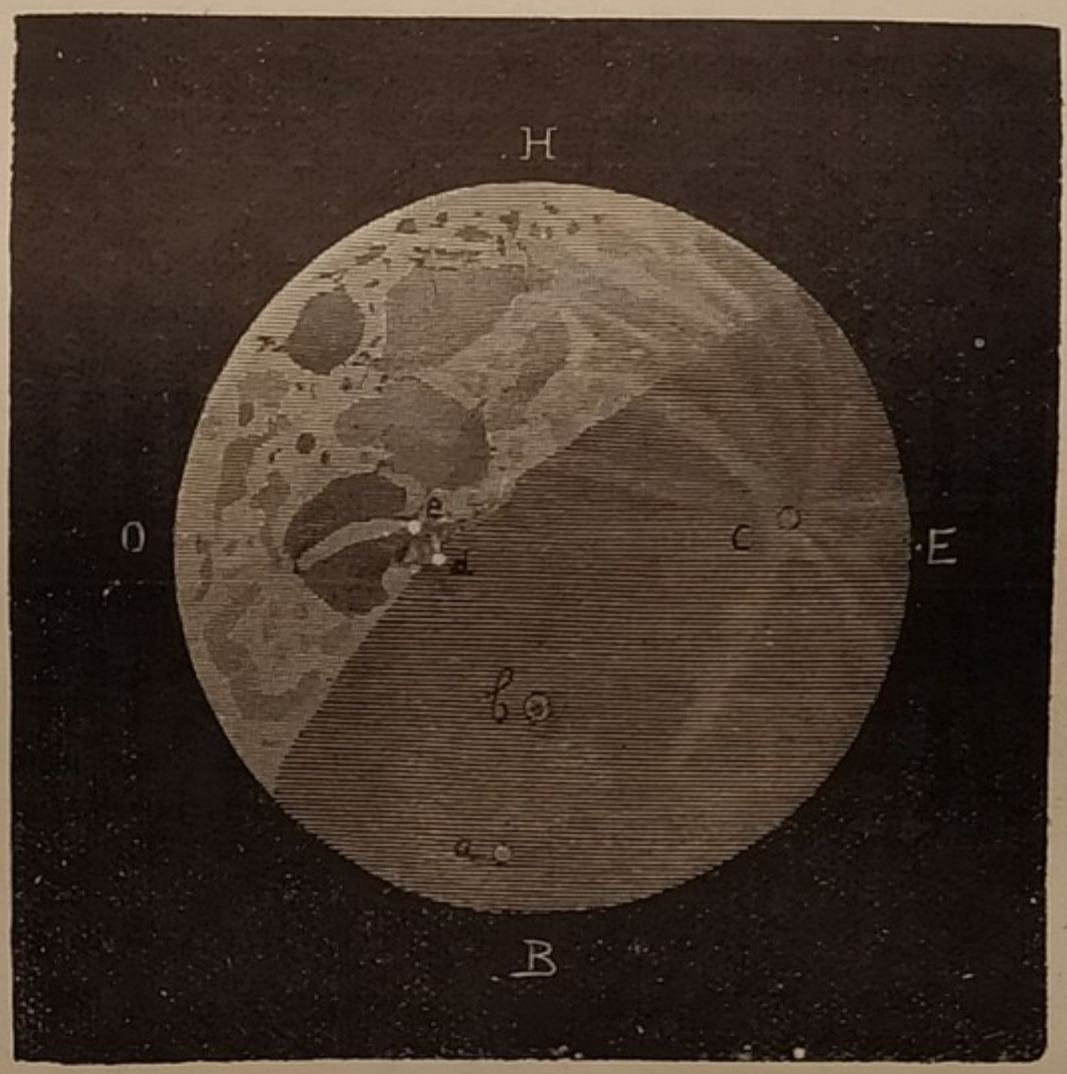


Fig. 92. — Eclisse di luna del 25 ottobre 1874.

press'a poco la stessa luminosità della stella Alfa dell'Aquila, un po' più della Spica della Vergine, e molto maggiore di quella di Antares. Allorchè essa uscì dall' ombra della Terra, la falce emersa parve molto rischiarata nella sua metà orientale e molto scura nella metà occidentale, e tale differenza durò sino alla fine dell'eclisse. Questa differenza derivava senza dubbio da ciò che da una parte i raggi solari radendo il globo terrestre erano arrestati al Groenland dal suo ghiacciajo di 500 metri d'altezza, mentre dall'altra lambivano il mare del Nord.

Nell' eclisse del 4 ottobre 1865, il solo fatto impressionante che io abbia notato è che gli irradiament di Ticone sono rimasti perfettamente visibili al mezzo dell'eclisse, del pari che i crateri eclissati.

Nell'eclisse del 12 luglio 1870, la quantità di luce ricevuta dalla Luna era minore di quella di Saturno e maggiore di quella di Alfa dell' Aquila. Durante i dieci minuti che seguirono l' istante dell' eclisse centrale, essa si accrebbe notevolmente. Lo stato dell'atmosfera terrestre e la rifrazione hanno qui dunque una gran parte.

Fra le ultime eclissi di Luna, farò notare l'osservazione che feci di quella del 25 ottobre 1874 a ore 6 di mattina. In quel mese furonvi tre eclissi in quindici giorni, perche la Luna eclissò il Sole il 10 ottobre, Venere il 14, e fu essa stessa eclissata il 25. Se le osservazioni astronomiche differiscono molto per se stesse le une dalle altre, differiscono ancor più forse in causa della varietà delle condizioni meteorologiche nelle quali si è costretti a farle. Gli è perciò che per studiare l'eclisse di Sole del 10, fu mestieri esporre la faccia

Ora siamo arrivati alle *eclissi di sole.*

Il metodo di cui abbiamo parlato finora può servire altresì a predire che a tale o tal epoca avrà luogo un'eclisse solare; ma non può in nessun modo soccorrerci per sapere se l'eclisse sarà visibile o no in un determinato luogo;

---

all'ardor cocente di un vero sole d'estate; che per l'occultazione di Venere, bisognò cercare il pianeta nel cielo splendente del sud con gli occhi mezzo accecati, e che l'eclisse di luna del 25 non potè essere osservato che in mezzo ad un'atmosfera mattinale e ghiacciata, paragonabile a quella d'una notte d'inverno. Ma queste

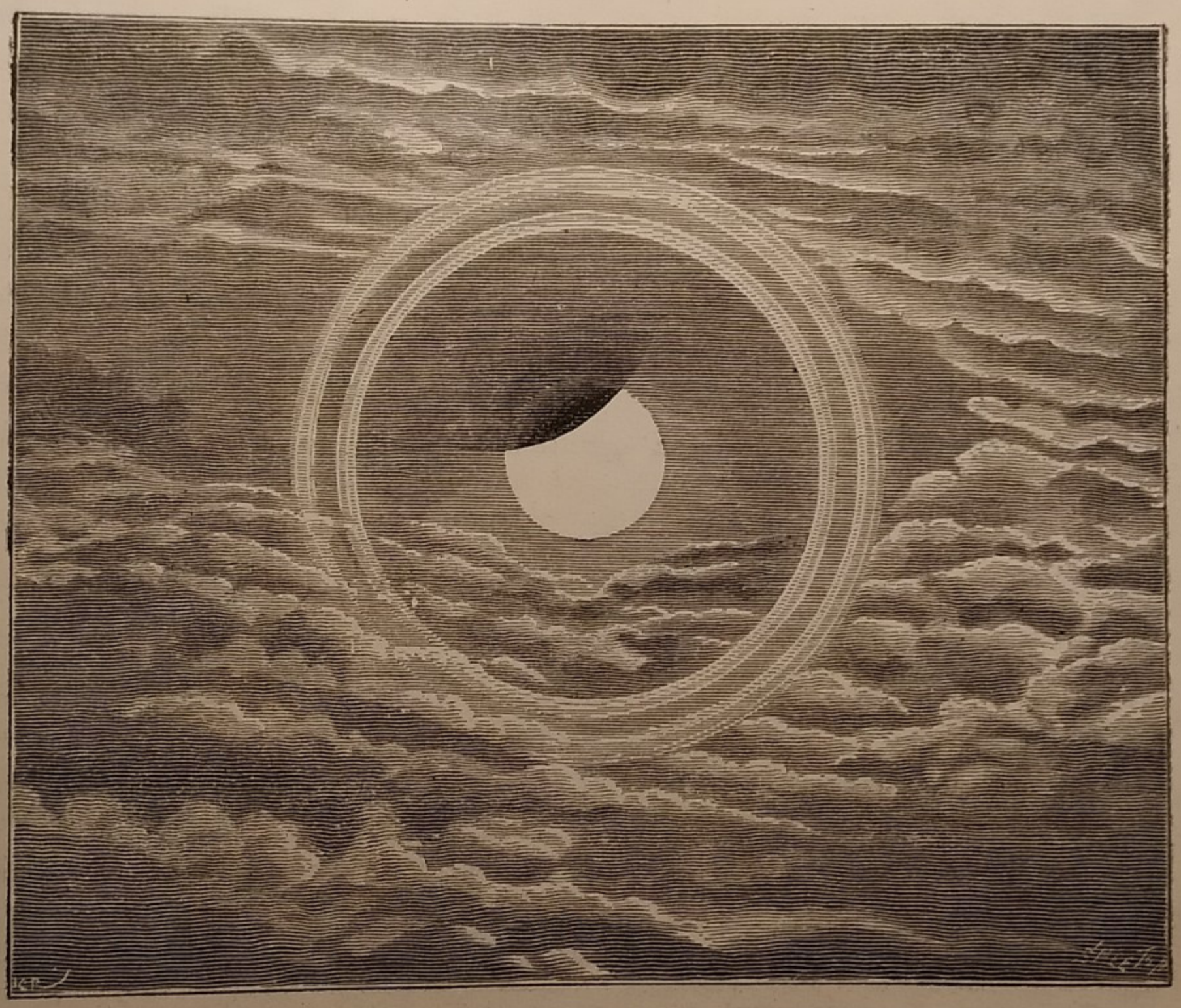


Fig. 93. — Eclisse di luna del 3 settembre 1876.

piccole noje corporali non sono niente, quando una nuvola non arriva proprio in tempo per nascondere il fenomeno che si attende, e quando infine si può fare un'osservazione soddisfacente.

La Luna nel suo pieno doveva entrare nella penombra a ore 4.55 di mattina. Ma essa era già bassa sull'orizzonte occidentale, e densi vapori, insieme a nebbie ed a striscie nubilose, la circondavano di una specie di velo biancastro. L'imagine era tutt'altro che nitida, quantunque si distinguesse ancor bene l'insieme della geografia lunare. La montagna bianca e radiosa di *Aristarco* (*a*) (fig. 92) brillava nella parte inferiore del diametro verticale del disco, e rimase percettibile anche quando quella regione fu entrata nell'ombra. Non sono giunto a distinguere la penombra nemmen un'ora circa dopo l'ingresso della Luna. A ore 5.20 non si distingueva nulla ancora. Lo stesso era a ore 5.30, e a ore 5.45 la Luna parve sensibilmente intaccata a nord-est, vale a dire a sinistra in alto (imagine diritta).

A 6 ore, il nostro satellite era eclissato di un quarto circa del suo diametro, ma l'ombra della Terra terminava con una tinta sfumata insensibilmente, e non con una linea retta, recisa. Alcuni minuti dopo, la linea di ombra toccava il monte *Aristarco* (*b*) e sempre avanzandosi tosto dopo raggiungeva *Ticone* (*c*).

e nel caso che l'eclisse sia visibile non può farci conoscere il grado d'importanza ch'essa sarà per avere.

Una tal differenza dipende da ciò che le eclissi del sole e quelle di luna non sono fenomeni della stessa specie. Queste ultime sono dovute alla perdita reale di luce che l'astro delle notti patisce, e sono quindi visibili da tutti punti della superficie terrestre pei quali la luna è sull'orizzonte. In una eclissi di sole, al contrario, l'astro del giorno non perde affatto la sua luce; la Luna venendo a collocarsi dinanzi ad esso, nasconde agli osservatori una parte del suo disco, e questa parte è più o meno grande, secondo che l'osservatore occupa tale o tal altra posizione sulla Terra, la quale inoltre, gira sopra sè stessa e fa mutare così il cammino dell'ombra sulla sua superficie.

In talune rarissime occasioni, può anche un'eclisse essere totale in un luogo ed anulare in un altro, allorchè i diametri apparenti del Sole e della Luna sono quasi eguali, perchè la Luna non si trova alla medesima distanza da tutti i punti della superficie terrestre.

Si vedono alcune volte delle nubi isolate projettare la loro ombra in mezzo a pianure di cui il Sole illumina direttamente tutte le altre parti. Queste

---

Vedevansi dei corpuscoli neri passare in tutte le direzioni dinanzi all'astro della notte; erano uccelli che volavano ad una grande altezza.

A ore 6.25, il disco lunare tocco il centro del cono d'ombra; ma giunto nelle basse regioni del cielo visibile, l'astro di Diana parve spegnersi ed immergersi in un letto di nuvole oscure formanti l'orizzonte. A ore 6.30 sparve; l'ombra toccava il mare della Serenità e il monte *Manilio* (*d*). È la maggior fase dell'eclisse che sia stata visibile a Parigi. Essa è rappresentata nella figura 92.

Qualche minuto dopo, a ore 6.37, il sole sorgeva raggiante dall'orizzonte orientale.

Nè la *Connaissance des temps*, nè l'*Annuario dell'ufficio delle Longitudini* hanno annunziato esattamente le condizioni di quell'eclisse. Uno l'annunciava per la sera, l'altro supponeva che la luna piena si levasse a 6 ore di mattina! Sono a deplorarsi siffatti errori, sopratutto in pubblicazioni ufficiali.

L'eclisse testè citata era totale. Ma non ne fu vista che una metà a motivo che la Luna era al suo tramonto.

Una delle ultime eclissi di luna, quella del 3 settembre 1876, che non era che parziale e solamente di un terzo, fu a Parigi favorita da un cielo purissimo durante la prima metà della sua durata, poi il cielo si annuvolò. Allo Havre, la Luna eclissata mostrossi circondata da un alone che le faceva una splendida cornice Il disegnatore, che conosce la teoria delle eclissi, pare abbia indicato la presenza dell'ombra della Terra anche esternamente alla Luna; la sua imaginazione l'ha trasportato alquanto oltre alla realtà. L'ombra della Terra non è visibile quando cade su niente. Ma l'effetto d'insieme del disegno è evidentemente molto pittoresco (fig. 93).

Fuvvi il 23 agosto 1877, dalle ore 10.28 di sera a mezzanotte e 13 minuti, una bellissima eclisse totale di luna che tutti in Europa hanno potuto vedere benissimo, perchè il cielo quella sera era di una purezza eccezionale. Io l'ho seguita con molta diligenza. Durante tutta la durata della totalità (ore 1.45), la Luna rimase perfettamente visibile e colorata di una tinta rossastra, doppio fatto prodotto, come dicevamo poco fa, dalla rifrazione dei raggi solari attraverso la nostra atmosfera, appunto quel giorno purissima. Sono questi stessi raggi che dopo il tramonto del Sole, colorano all'est in un bel rosa le nubi e perfino gli edifici. I lembi della Luna erano più brillanti del centro. Un abbassamento notevole di temperatura si è verificato all'ora dell'eclisse; non è provato che ne sia stata causa l'eclisse stessa, inquantochè il calore lunare non si rende sensibile ai nostri termometri, mentre quella diminuzione invece fu percettibilissima. Essa è dovuta senza dubbio all'estrema purezza dell'atmosfera a quell'ora, e al grande irraggiamento notturno che ne risulta, come nelle notti di buon gelo. Si potrebbe forse supporre che l'eclisse entrasse per qualche cosa in quella limpidezza dell'aria; ma è un errore, poichè è anzi cosa rarissima che gli osservatori delle eclissi di luna siano favoriti da un tempo così bello.

nubi essendo abitualmente in moto, la loro ombra corre sulle campagne, spesso con grande rapidità.

Egli è precisamente allo stesso modo che l'ombra della Luna, nelle eclissi totali di sole, si sposta sulla superficie del globo terrestre, portandosi da un lembo all'altro dell'emisfero illuminato. L'ombra di un pallone ne dà un'imagine ancor più esatta.

Gli astronomi determinano sempre alcun tempo avanti le circostanze generali che deve presentare ogni eclisse di sole sull'insieme della superficie della Terra e, affinchè si possano afferrare con un colpo d'occhio i diversi

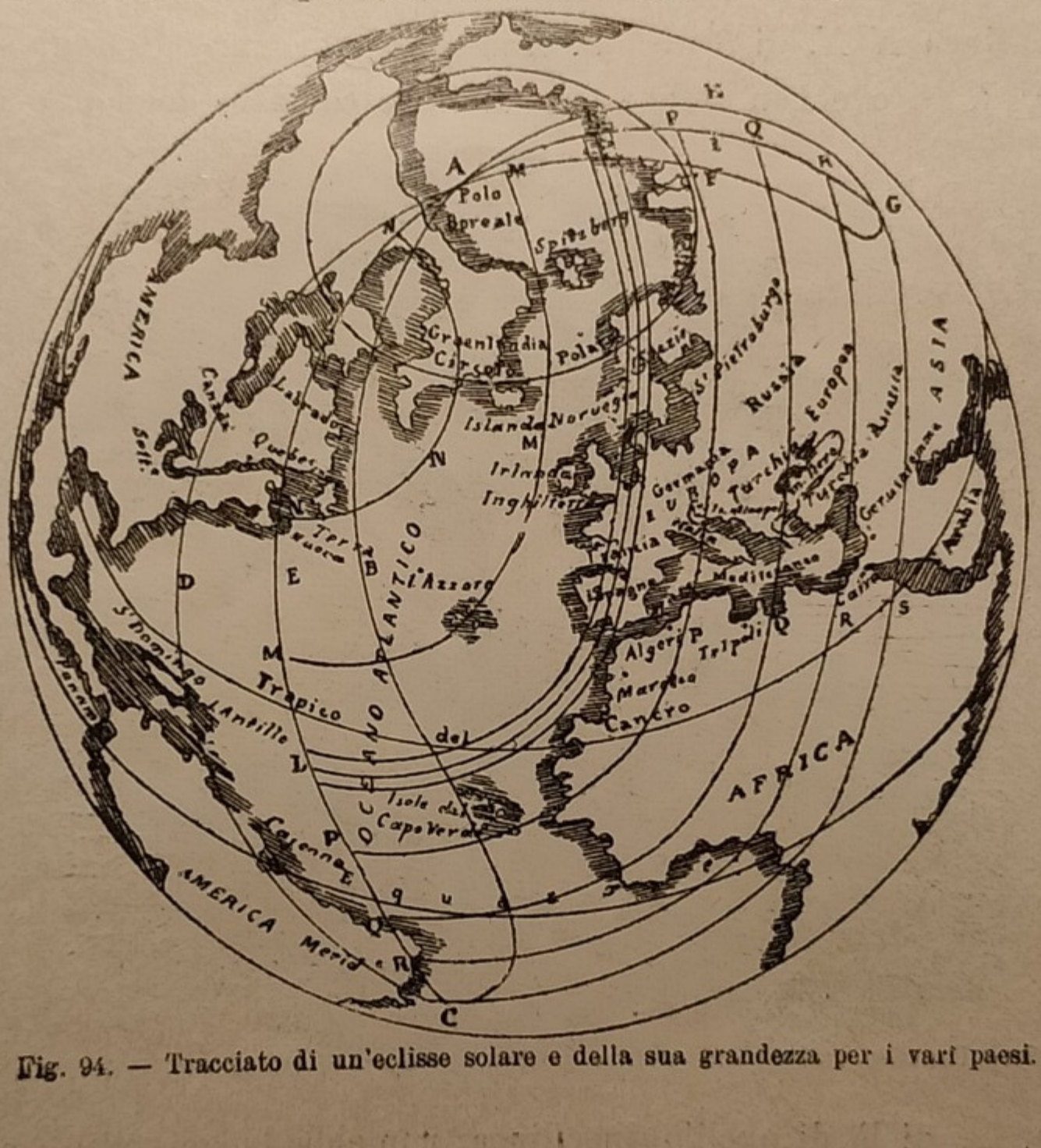


Fig. 94. — Tracciato di un'eclisse solare e della sua grandezza per i varî paesi.

risultati a cui sono pervenuti, costruiscono una carta destinata a mostrare l'andamento dell'eclisse sul globo. La figura qui sopra mostra la disposizione di queste carte; essa si riferisce all'eclisse anulare del 1.° aprile 1764, una delle più propizie per Parigi. La linea *A B C* passa per tutti i punti nei quali l'eclisse cominciò all'istante stesso del levar del Sole; e la linea *A D C* per quelli in cui l'eclisse terminò al sorger del Sole. Per tutti i punti situati sulla linea *A E C*, intermedia fra le due precedenti, il Sole si è levato nel mezzo dell'eclisse. Analogamente le linee *A F G*, *A H G*, *A I G*, includono rispettivamente i punti pei quali il tramonto del Sole si è effettuato alla fine, al principio, o a mezza eclisse.

La stretta zona *L L* segnata da *tre linee curve parallele* è la strada percorsa dal cono dell'ombra della Luna nel suo spostamento, come abbiamo or ora spiegato. Si vede che quel cono è passato al nord delle isole del Capo Verde, sulle Canarie e al sud di Madera; che ha in seguito attraversato il Portogallo, la Spagna, la Francia, i Paesi Bassi, la Danimarca, la Svezia. L'eclisse fu centrale a Lisbona, a Madrid, a Parigi e in parecchie città della Svezia. Da una parte e dall'altra di quella zona, essa è stata parziale, mano mano più debole a norma che i punti erano più discosti dal cammino dell'eclisse anulare. Su tutti i punti della linea *M M*, non fu che di 8 decimi; e lungo la linea *N N*, di 6 decimi. Analogamente essa diminuì secondo le zone *P*, *Q*, *R*, *G*, ove non v'ebbe che un lieve contatto dei lembi del Sole e

Fig. 95 — Immagine del disco solare projettata attraverso le foglie di un albero.

della Luna. La di là di quell'ultima linea, non ebbe luogo eclisse, nonostante la presenza del sole sopra l'orizzonte.

Per ogni eclisse di Sole si costruisce una carta analoga a quella che abbiamo veduta.

Se si espone al sole, durante un'eclisse parziale, una carta da visita forata con uno spillo, e le si pone dietro uno schermo per ricevere i raggi solari che attraversano quel forellino, si vede sullo schermo un'imagine del disco solare colla intaccatura prodotta dalla interposizione della Luna. Le foglie degli alberi lasciano spesso passare alcuni raggi di sole che vanno a rischiarare certe parti del suolo in mezzo all'ombra stessa del fogliame. Gl'interstizî delle foglie fanno allora l'ufficio del forellino della carta; ne risulta che le

parti del suolo rischiarate sono rotonde od ovali (fig. 95). Durante le eclissi di sole, la intaccatura più o meno profonda del disco dell'astro si riproduce su quegli spazietti chiari in mezzo all'ombra, i quali prendono la forma di mezzelune colla falcatura tutta dalla medesima parte (fig. 96).

Tale particolarità che ci presenta l'ombra degli alberi durante le eclissi è facilissima a verificarsi.

Rendiamoci conto adesso della frequenza delle eclissi di sole, e avremo così la teoria completa di questi interessanti fenomeni.

Le tavole del Sole e della Luna provano che, in termine medio, si possono osservare su tutta la Terra 70 eclissi in diciott'anni; 29 di luna e 41 di sole. Non v'hanno giammai in un anno più di sette eclissi; e non ve n'ha

Fig. 96. — Imagine di un'eclisse projettata attraverso le foglie di un albero.

mai meno di due. Quando non ve ne sono che due, sono solari entrambe Sull'insieme del globo, il numero delle eclissi di sole è maggiore di quelle di luna, quasi nel rapporto di 3 a 2. In un determinato luogo, invece, per la ragione che noi abbiamo dimostrata circa la visibilità costante delle ecliss. lunari per tutti i paesi pei quali la luna è sull'orizzonte, le eclissi di luna sono molto più frequenti di quelli di sole.

In ogni periodo di 18 anni, vi sono in media 20 eclissi di sole centrali, vale a dire suscettibili di diventare, a norma delle circostanze, totali od anulari; ma siccome la zona terrestre, lungo la quale l'eclisse può aver l'uno o l'altro di questi caratteri, è limitatissima, così in un luogo dato le eclissi totali o anulari sono rarissime.

Halley, nel 1715, trovò che dal 1140 in poi, vale a dire in un periodo di 575 anni, non vi era stata a Londra nemmeno un'eclisse totale di sole. Dopo l'eclisse del 1715, Londra non ne vide alcun'altra. Montpellier, molto più favorita dalla combinazione dei varî elementi che concorrono alla produzione del fenomeno, non ebbe negli ultimi 500 anni che le quattro elissi totali seguenti: 1.° gennajo 1386, 7 giugno 1415, 12 maggio 1716 e 8 luglio 1842.

A Parigi, durante il XVII secolo non fu veduta che una sola eclisse totale di sole, quella cioè del 1654; durante il XVIII non si ebbe che quella del 1724. Nel XIX non ve n'ebbe finora e non ve ne sarà.

Il calcolo mostra che la massima durata possibile di una eclisse solare, dal

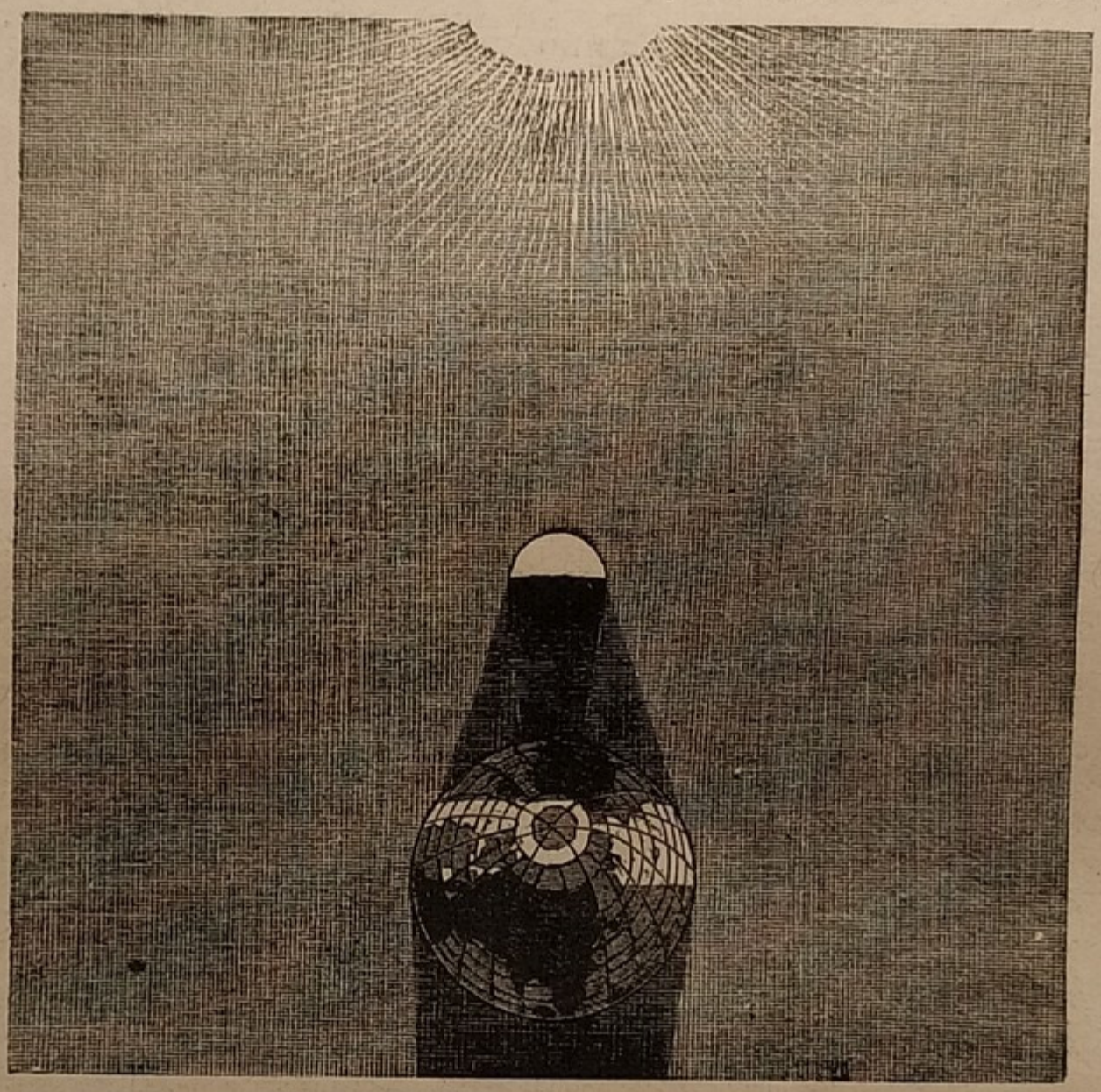


Fig. 97. — Teoria delle eclissi di sole.

principio alla fine, è di $4^h\ 29^m\ 44^s$, per un luogo situato sull'equatore, e di $3^h\ 26^m\ 32^s$, pel parallelo di Parigi. L'eclisse *totale* non può durare più di $7^m\ 58^s$ all'equatore, e di $6^m\ 10^s$ alla latitudîne di Parigi. Nelle eclissi anulari, la Luna non può projettarsi intera sul disco solare durante più di $12^m\ 24^s$ all'equatore, e $9^m\ 56^s$ alla latitudine di Parigi. Si capisce d'altra parte che le durate di questi fenomeni passano per tutti gli stati di grandezza al di sotto dei limiti che loro vedemmo testè assegnati.

					m. s.
L'eclisse totale del		1706	durò a	Montpellier	4.10
»	»	1715	»	a Londra	3.57
»	»	1724	»	a Parigi	2.16
»	»	1806	»	a Kinderhook (America)	4.37
»	»	1842	»	a Perpignano	2,10
»	»	1851	»	a Danzica	2.56

La durata massima della totalità, nelle ultime grandi eclissi totali di sole, fu:

		m. s.
Per	l'eclisse del 22 dicembre 1870 (Algeria)	2.10
»	12 dicembre 1871 (Australia)	4.22
»	16 aprile 1874 (Capo di Buona Speranza)	3.31
»	6 aprile 1875 (China)	4.38
»	29 luglio 1878 (Stati Uniti)	3.11

Il *ciclo completo delle eclissi di sole* è più ricco di quello delle eclissi di luna; ma non sarà meno importante pei nostri lettori il possederne i dati. Eccoli:

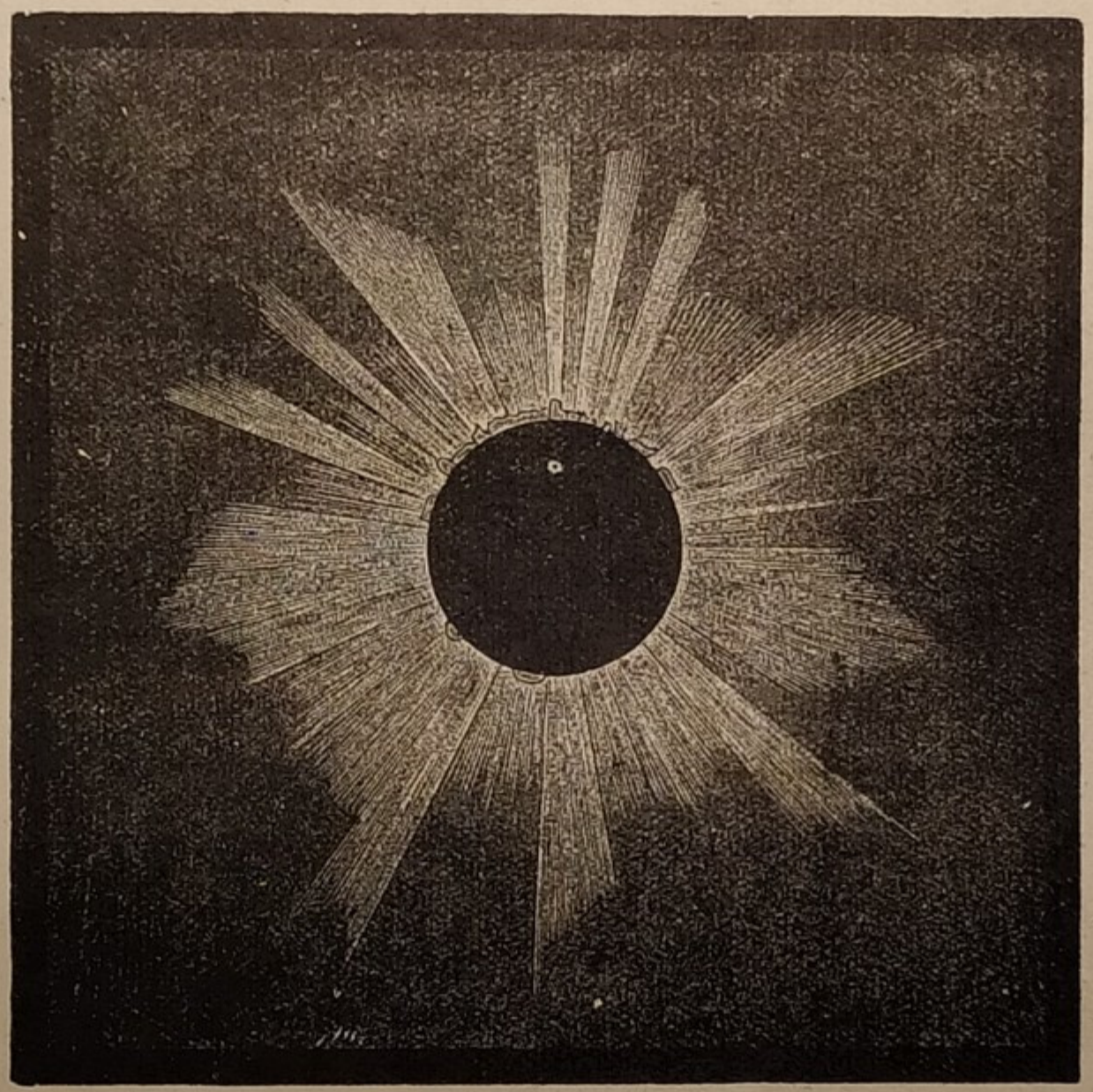


Fig. 93. — L'eclisse totale di sole del 22 dicembre 1870, osservata in Sicilia.

CICLO COMPLETO DELLE ECLISSI DI SOLE

1861.

11 gennajo	Eclisse	anulare, invisibile a Parigi, centrale in Australia.
8 luglio	»	anulare, invisibile a Parigi, centrale in Cocincina.
31 dicembre	»	totale, parziale per Parigi, centrale in Algeria.

1862.

27 giugno	»	parziale, invisibile a Parigi, visibile al Capo di Buona Speranza.
21 novembre	»	parziale, invisibile a Parigi, visibile al 25° dal polo sud.
21 dicembre	»	parziale, invisibile a Parigi, visibile al Giappone.

1863.

17 maggio	»	parziale, visibile a Parigi, Europa e America settentrionale.
11 novembre	»	anulare, invisibile a Parigi, centrale al capo Horn.

1864.

5 maggio	»	anulare, quasi totale, invisibile a Parigi, centrale in Siberia.
30 ottobre	»	anulare, invisibile a Parigi, centrale al Messico.

1865.

25 aprile . . Eclisse totale, invisibile a Parigi, centrale in Africa.
19 ottobre . » anulare, parziale per Parigi, centrale agli Stati Uniti.

1866.

16 marzo . . » parziale, invisibile a Parigi, visibile al Kamciatka.
15 aprile . . » parziale, invisibile a Parigi, visibile al sud dell'emisfero australe.
8 ottobre . » parziale, visibile a Parigi.

1867.

6 marzo . . » anulare, parziale per Parigi, centrale in Algeria.
29 agosto . . » totale, invisibile a Parigi, centrale a Buenos Aires.

1868.

23 febbrajo . » anulare, parziale per Parigi, centrale a Lima.
18 agosto . . » totale, invisibile a Parigi, centrale per l'India.

1869.

11 febbrajo . » anulare, parziale per Parigi, centrale al capo Horn.
7 agosto . . » totale, invisibile a Parigi, centrale nell'Asia settentrionale.

1870.

31 gennajo . » parziale, invisibile a Parigi. Polo sud.
28 giugno . » parziale, invisibile a Parigi. Nuova Zelanda.
28 luglio . . » parziale, invisibile a Parigi. Siberia.
22 dicembre. » totale, parziale per Parigi, centrale in Algeria.

1871.

17 giugno . » anulare, invisibile a Parigi. Nuova Guinea.
12 dicembre. » totale, invisibile a Parigi. Ceylan.

1872.

6 giugno . . » anulare, invisibile a Parigi, centrale al Giappone.
30 novembre » totale, invisibile a Parigi. Oceano Pacifico.

1873.

26 maggio . » parziale, visibile a Parigi. America settentrionale.
20 novembre » parziale, invisibile a Parigi. Isole Sandwich.

1874.

16 aprile . . » totale, invisibile a Parigi, centrale al sud dell'Africa.
10 ottobre . » anulare, parziale per Parigi, centrale in Siberia.

1875.

6 aprile . . » totale, invisibile a Parigi, centrale in China.
29 settembre » anulare, parziale per Parigi, centrale in Africa.

1876.

25 marzo . . » anulare, invisibile a Parigi, centrale agli Stati Uniti.
17 settembre » totale, invisibile a Parigi. Oceano Pacifico.

1877.

15 marzo . . » parziale, invisibile a Parigi. America settentrionale.
9 agosto . . » parziale, invisibile a Parigi. Asia settentrionale.
7 settembre » parziale, invisibile a Parigi. America meridionale.

1878.

2 febbrajo . » anulare, invisibile a Parigi, centrale per l'Oceano Australe.
29 luglio . . » totale, invisibile a Parigi, centrale agli Stati Uniti.

1879.

22 gennajo (=11 gennajo 1861). Anulare, invisibile a Parigi. America meridionale.
19 luglio (=8 luglio 1861). Anulare, parziale per Parigi. Massima fase in Africa.

Quante cifre! dirà il lettore. Poca poesia, di certo; è una tabella senza dubbio un po' arida; ma come scrivere in versi una lista di eclissi? Forse potrebbe tentarlo qualche didattico versificatore, qualche Delille contemporaneo, o qualche Mascheroni. Oh, ma che dico io? *Nil sub sole novi*, e

alzando lo sguardo sopra uno dei più venerabili palchetti della mia libreria, ecco che vi trovo persino un poema latino dell'abate Boscovich (Parigi 1779), e dedicato a Luigi XVI, a cui predisse un regno senza eclisse!... Sì, le eclissi furono cantate in versi e in prosa; ma l'importante per noi era di studiarle dal punto di vista scientifico.

Parecchie fra le eclissi della lista precedente furono della più alta importanza per lo studio dell'atmosfera solare. E infatti, soltanto in quei rari e preziosi istanti in cui la Luna nasconde completamente la sfolgorante luce dell'astro diurno, si può scorgere la maravigliosa cornice di questo astro, teatro di correnti cosmiche superiori ad ogni imaginazione, di straordinarie conflagrazioni, di cascate ed eruzioni formidabili, che noi studieremo nei prossimi capitoli consacrati al divin Sole.

La figura 98, che rappresenta l'eclisse del 22 dicembre 1870, porge una prima idea delle protuberanze che si vedono intorno al grande astro diurno e della *gloria* che lo circonda.

Le più importanti di queste eclissi per l'osservazione delle regioni circumsolari, furono quelle del 18 agosto 1868, 22 dicembre 1870, 12 dicembre 1871, 16 aprile 1874, 6 aprile 1875 e 29 luglio 1878. Esse hanno provato esistere intorno al Sole una immensa atmosfera d'idrogeno che arde incessantemente, la cui altezza varia, e in cui nuotano dei vapori metallici: atmosfera attraversata da getti intermittenti di materiali lanciati dall'interno del corpo solare. Al disopra di questa atmosfera, tutto all'intorno dell'ardente focolajo, circolano dei corpuscoli in numero incalcolabile, trascinati nel vortice solare.

Noi non possiamo farci un concetto degli impetuosi movimenti che si producono senza tregua in quelle tempestose regioni, movimenti così formidabili, che delle masse, molto più voluminose della Terra intera, sono spostate, lanciate, infrante, riprodotte, nello spazio di alcuni minuti!... Ma non anticipiamo sullo studio del Sole.

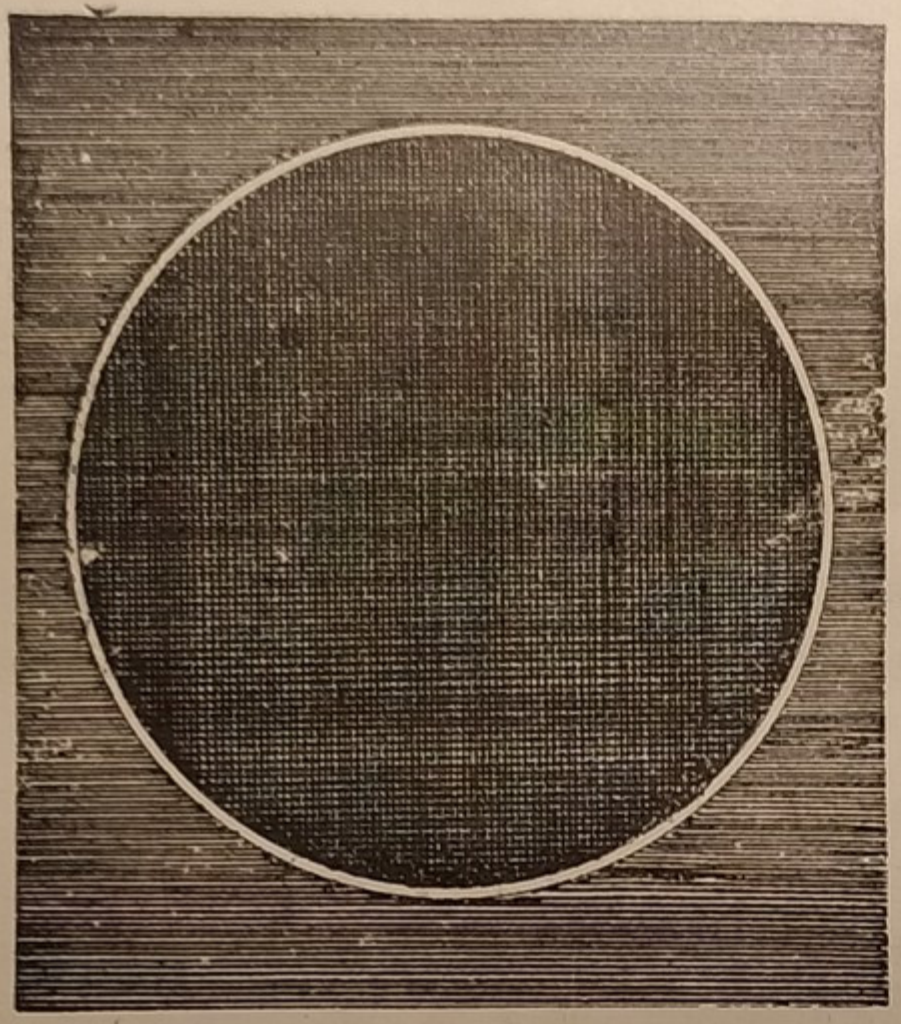
L'elenco precedente dà il ciclo completo delle eclissi di sole. Riunendolo a quello delle eclissi lunari, dato più indietro, noi abbiamo la somma di *tutte le eclissi possibili*. Ispezionando questa tavola si vede che alla scadenza della serie, gli stessi fenomeni si riproducono a 18 anni e 11 giorni d'intervallo. Per tal modo la prima eclisse del nostro elenco, quella dell'11 gennajo 1861, è tornata il 22 gennajo 1879, quella dell'8 luglio tornò al 19 luglio dello stesso anno 1879, e così di seguito. La differenza che devesi notare, è che non sono visibili nello stesso luogo (1).

---

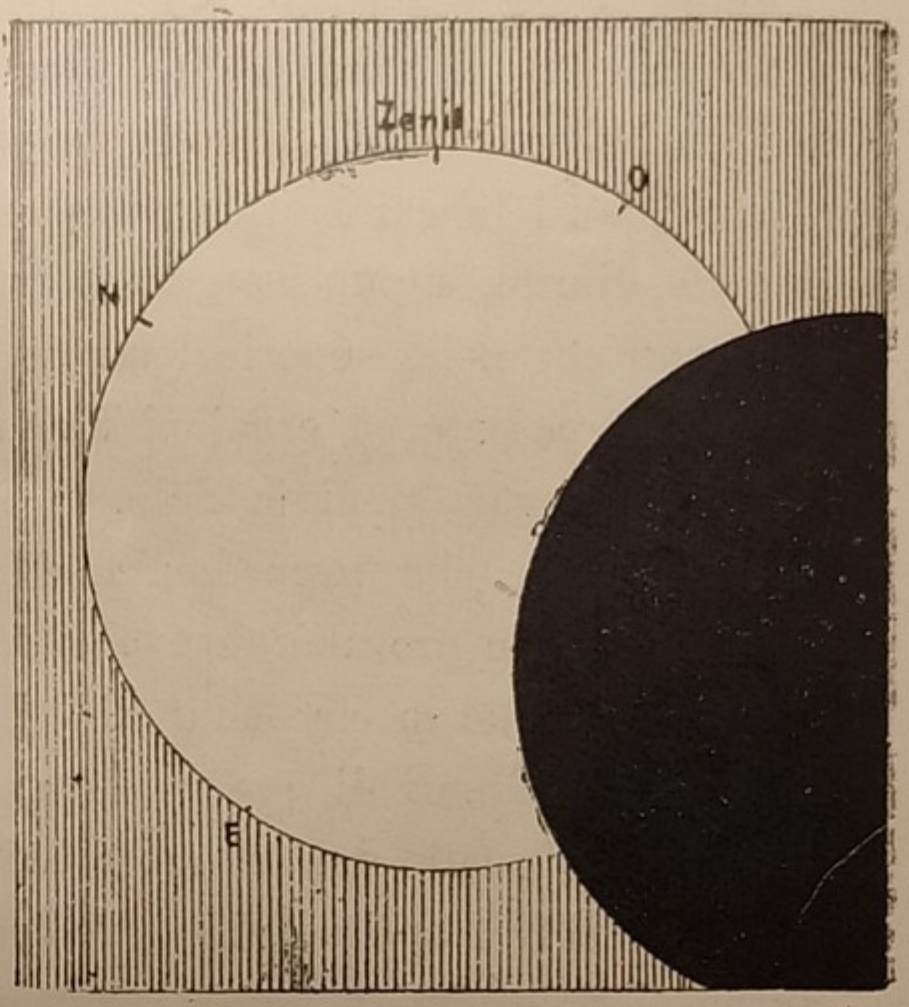
(1) Diamo alcuni particolari dell'eclisse anulare del 19 luglio 1878 che è per noi fra le più importanti. Questa eclisse (*) è anulare per gli indigeni dell'Africa centrale e pei passeggieri dei bastimenti che at-

(*) Si avverte che l'autore scrive al principio del 1879, di guisa che tutto ciò che per noi è *passato* da quell'epoca ad oggi, per lui è *futuro*. IL TRAD.

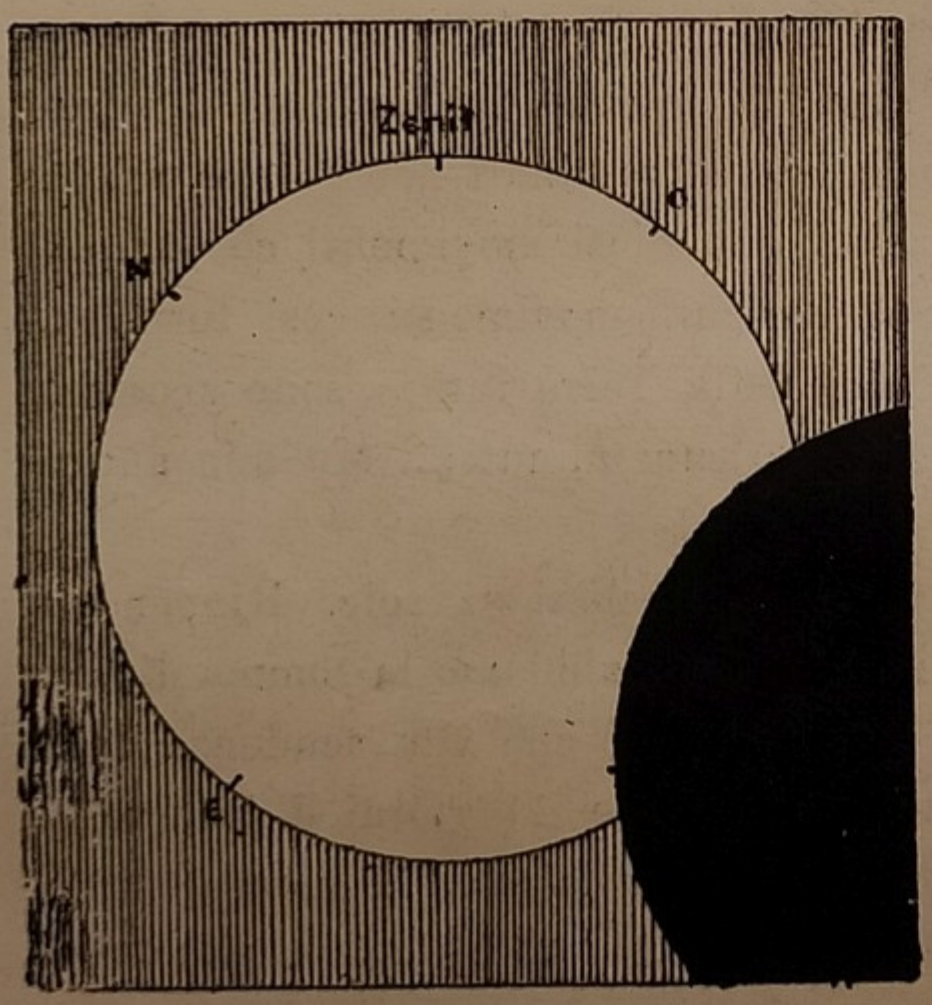
Come abbiamo già detto, in tutto il nostro secolo non fuvvi per la Francia che una sola eclisse totale, quella del 1842, che lo fu anche per Milano. Vediamo nella pagina seguente tutte quelle che dopo quell'epoca fino al 1879 furono, in gradi diversi, parziali per la Francia.



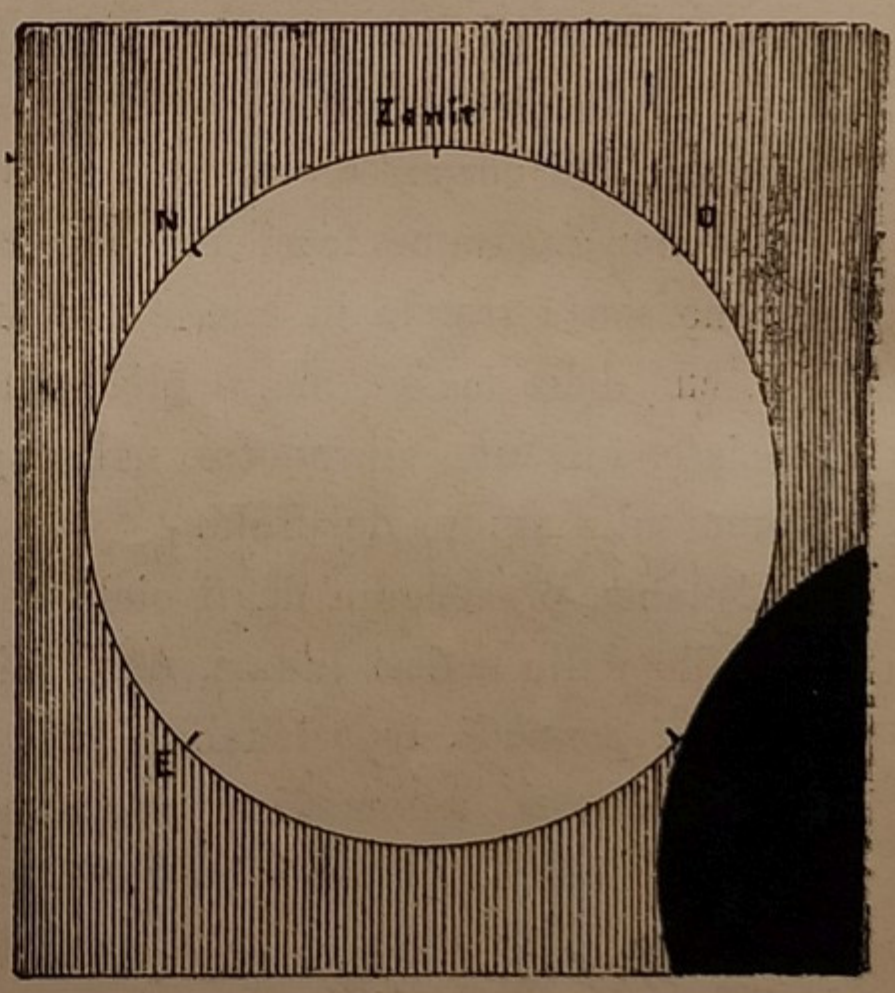
Fase centrale visibile in Africa.



Fase d'Algeri.



Fase di Marsiglia.



Fase di Parigi.

Fig. 99. — Eclisse anulare di sole del 19 luglio 1879.

---

traverseranno il mar delle Indie sotto la linea centrale dell'eclisse. Al sud e al nord di questa zona la fase va decrescendo, da un lato fin verso le colonie inglesi del Capo di Buona Speranza, dall'altro, fino in Francia e in Germania. Per un singolare effetto del cammino della Luna dinanzi al Sole, e della posizione della Francia sul globo terrestre, la linea boreale di semplice contatto taglia il nord di questo paese, di tal guisa che questa eclisse anulare, che si presenta centralmente in Africa, al sud dell'Algeria, già un po' obliqua-

ECLISSI SOLARI VEDUTE IN FRANCIA DOPO QUELLA TOTALE DEL 1842.

1842. 8 luglio . .	eclisse	totale	per	Perpignano, Montpellier, Marsiglia. Parziale per Parigi: 88 centesimi.		
1845. 6 maggio . .	»	parziale	per	Parigi: 30 centesimi.		Anulare al Polo Nord.
1846. 25 aprile . .	»	»	»	»	»	Anulare per le Antille.
1847. 9 ottobre . .	»	anulare	»	»		Havre, Nancy, Lille, Auxerre e Besançon.
1851. 28 luglio . .	»	parziale	»	»		e parte della Francia. Totale in Islanda.
1858. 15 marzo . .	»	»	»	»	90 centesimi.	Anulare in Inghilterra.
1860. 18 luglio . .	»	»	»	»	85 »	Totale in Spagna e Algeria.
1861. 31 dicembre .	»	»	»	»	54 »	Totale in Algeria.
1863. 17 maggio .	»	»	»	»	26 »	Eclisse parziale.
1865. 19 ottobre . .	»	»	»	»	35 »	Totale agli Stati Uniti.
1866. 8 ottobre . .	»	»	»	»	57 »	Eclisse parziale.
1867. 6 marzo . .	»	»	»	»	79 »	Anulare in Algeria e Italia.
1868. 23 febbrajo .	»	»	»	»	3 »	Anulare a Lima.
1870. 22 dicembre .	»	»	»	»	83 »	Totale in Algeria.
1873. 27 maggio . .	»	»	»	»	29 »	Eclisse parziale.
1874. 10 ottobre . .	»	»	»	»	29 »	Anulare in Siberia.
1875. 29 settembre.	»	»	»	»	12 »	Lione 13; Marsiglia 15; Bordeaux 22. Anulare in Africa.
1879. 19 luglio . . .	»	»	»	»	13 millesimi.	Lione 11 centesimi; Tolosa 15; Marsiglia 18; Algeri 35. Anulare in Africa.

Si vede che, senza essere rarissime, le eclissi parziali non sono molto frequenti per un istesso luogo, e che non si riproducono che ad intervalli molto irregolari (1). Bisogna, per modo di dire, coglierle al volo e non imitare quel

---

mente in Algeria, molto obliquamente in Ispagna ed in Italia, ancor più obliquamente nel mezzodì e nel centro della Francia, è appena sensibile a Parigi, giacchè non si vede più che un piccolo frammento del lembo australe del disco solare eclissato dal lembo settentrionale della Luna; questa non copre che 13 millesimi del Sole; mentre a Bordeaux e a Lione ne sono eclissati 108 millesimi, a Tolosa 152, a Marsiglia 180 e ad Algeri 355. (Vedi la fig. 99). Al nord di Parigi, cominciando da Compiègne, eclisse non v'ha, la parallasse della Luna projettandosi proprio al di fuori del Sole.

Il confine boreale dell'eclisse è segnato sulla carta posta qui accanto da una linea condotta da Quimper a Trèves e Magonza passando per Pontorson, Argentan, Evreux, Soissons e Rethel. I paesi situati al nord di quella linea non dovranno vedere la benchè minima traccia dell'eclisse. I luoghi posti al sud osserveranno un'intaccatura tanto più marcata quanto più ne saranno lontani.

Fig. 100. Limite boreale dell'eclisse solare del 19 luglio 1879.

(1) Dall'anno 1858 in poi ho osservato tutte quelle eclissi della precedente distinta che non sono state eclissate esse stesse dalle nuvole della nostra atmosfera tanto variabile. Parecchie di esse hanno offerto dei particolari importanti. Quella del 15 marzo 1858 fu la più grande di tutte (90 centesimi); essa ha avuto luogo precisamente a mezzo della giornata; ma il cielo coperto ne ha impedita l'osservazione. Alcuni squarci fra le nubi hanno permesso di osservarla sino alla fase massima (1h., 10m.); poi altre nuvole hanno di bel

troppo presuntuoso marchese del tempo di Luigi XV, il quale, dovendo condurre all' Osservatorio una elegante compagnia di signore, e le cure della toletta avendolo fatto indugiare alquanto, giunse un mezzo minuto dopo la fine dell'eclisse. Siccome le signore rifiutavansi a scendere dalla carrozza, un po' indispettite com' erano contro le esigenze della civetteria:

— Entriamo egualmente, signore mie — esclamò il bellimbusto, colla più fatua sicurezza — il signor Cassini è uno dei miei migliori amici, e sarà per lui un piacere di far ricominciare l'eclisse per noi!

Quest'aneddoto ebbe nel nostro secolo una seconda edizione sul conto di Arago.

Di tutti i fenomeni astronomici, ve n' ha pochi che abbiano tanto colpito l'imaginazione degli uomini quanto le eclissi totali di sole. Quale spettacolo, infatti, sarebbe più strano della subitanea scomparsa dell'astro del giorno di pien meriggio, in mezzo al cielo più sereno e terso! Allorchè l'umanità ignorava le cause naturali di un siffatto fenomeno, una tale scomparsa era considerata come soprannaturale e con terrore vedevasi in essa una manifestazione della collera divina. Da che quelle cause naturali sono state scoperte e poichè questi fenomeni corrispondono ai nostri calcoli colla più obbediente fedeltà, qualunque terrore soprannaturale sparve dagli spiriti colti, ma questo grandioso spettacolo non cessa dal colpire chi lo contempla. All'ora predetta dall'astronomo, vedesi il disco fiammeggiante del Sole scalfirsi verso occidente e un segmento nero avanzarsi lentamente, corrodere, per così dire, il disco solare, inoltrarsi sempre più fino a che il disco sia ridotto ad una sottilissima falce luminosa. Nel tempo stesso, la luce del giorno diminuisce; un chiarore sinistro e pallido subentra in ogni dove alla smagliante luce che rallegrava nuovo nascosto il Sole e la luce del giorno era abbastanza debole per rassomigliare a quella che segue il tramonto del Sole. Alcuni uccelli che erano in una gabbia cessarono di cantare, e parvero in preda ad un visibile spavento. In breve il cielo di nuovo si rischiarò e le ultime fasi dell'eclisse poterono esser studiate agevolmente. Quest'eclisse era anulare in Inghilterra; ma i nostri vicini di oltre Manica ebbero ancora peggior tempo di noi.

Fig. 101. — L'eclisse di sole. del 22 dicembre 1870. Fase di Parigi.

Quella del 18 luglio 1860 fu ancor meno favorita. Non si ebbe bisogno di vetri anneriti per osservarla, giacchè s' ebbe per tutto il giorno una cortina di nubi che non si squarciò che alla fine dell'eclisse. Se ne vide appunto quanto bastava per assicurarsi che gli astronomi non si erano ingannati. Fu totale in Spagna, dove gli astronomi francesi e italiani (vi andò Carlini dell'Osservatorio di Milano) che vi si recarono ad osservarla, poterono accertarsi che le nuvole rosee che appajono intorno al Sole quando è eclissato, non appartengono alla Luna, come fin allora alcuni dubitavano, ma bensì al Sole stesso.

Quella del 6 marzo 1867 poco mancò non fosse anch'essa nascosta dalle nuvole, e quanto se ne è potuto vedere lo fu senza il sussidio di vetri anneriti. All'istante della fase massima (79 centesimi), la diminuzione di luce non parve, con quel cielo nuvoloso, maggiore di quella che sarebbe stata prodotta da un cielo ancor più nuvoloso.

la natura, ed una immensa tristezza discende sul mondo. Ben tosto non resta più dell'astro raggiante che uno stretto arco di luce e la speranza pare non voglia fuggire da questa Terra da tanto tempo rischiarata dal paterno Sole. La vita pare ancora attaccata al cielo per un filo invisibile, quando a un tratto il raggio del giorno si spegne, e un'oscurità tanto più profonda, quanto è più repentina, si diffonde intorno a noi, immergendo la natura intiera nello stupore e nel silenzio... Le stelle splendono in cielo! L'uomo che testè ancora parlava comunicando le sue impressioni mentre attentamente seguiva le fasi del fenomeno, manda un grido di stupore, poi ammutolisce, compreso da meraviglia. L'uccello che cantava s'accovaccia tremando sotto la fronda; il cane si rifugia fra le gambe del suo padrone, la chioccia copre colle ali i suoi pulcini. La natura vivente si tace, muta di maraviglia. La notte è giunta, notte talora intensa e profonda, ma il più delle volte incompleta, strana, straordinaria, chè la Terra resta illuminata da una incerta luce rossastra, riflessa dalle lontane regioni dell'atmosfera situate esternamente al cono d'ombra lunare che produce l'eclisse. Qualche volta si videro splendere durante l'eclisse tutte le stelle di prima e di seconda grandezza che si trovavano sopra l'orizzonte, qualche altra volta invece solamente le più brillanti e i pianeti. La temperatura dell'aria si abbassa rapidamente di parecchî gradi.

Ma qual maraviglioso spettacolo si offre allora a tutti gli occhî diretti verso il medesimo punto del cielo! Al posto del Sole campeggia un disco nero cir-

---

Una sensibile differenza si palesava fra le irregolarità del lembo interno della falce solare dovute a quelle del lembo lunare nero projettato sul Sole, e la nitidezza perfetta del lembo esterno, che non era altro se non il lembo del Sole medesimo.

L'eclisse del 22 dicembre 1870, che accadde durante l'assedio di Parigi e nel mezzo di una giornata freddissima, fu pure in parte nascosta dalle nubi. L'ho osservata, stazionando sulle fortificazioni di Parigi, essendo allora accidentalmente capitano del genio, e avevo il giorno prima preparato un fotometro costrutto nel 1867, all'epoca dei miei primi viaggi in pallone, per misurare la variazione d'intensità della luce.

Fig. 102. — L'eclisse di sole del 10 ottobre 1874. Fase di Parigi.

Alla fase centrale, 83 centesimi di disco furono eclissati, e si ebbe un minimo di luce marcatissimo sulla carta fotografica. Gli uccelli che volavano e rumoreggiavano, tacquero e andarono a nascondersi, e durante un quarto d'ora circa non s'intese che il *rombo lontano del cannone*.. Il termometro scese di due gradi e mezzo.

Il cielo era nuvoloso anche all'epoca dell'eclisse del 10 ottobre 1874; ma, fortunatamente, il mezzo e la fine dell'eclisse si poterono osservare essendosi rischiarato il cielo. La fase massima fu di 29 centesimi. Il fotometro indicò una diminuzione di luce appena sensibile, e il termometro soltanto 1° 5 di abbassamento di temperatura al sole. Il solo carattere importante di quest'eclisse fu di mostrarci le montagne della Luna, i monti Dœrfel e Leibnitz projettati di profilo sul disco solare. Le intaccature da essi prodotte sull'orlo della Luna erano visibili ad occhio nudo. Questi monti segnano il polo sud del globo lunare.

condato da una gloriosa corona di luce. In quella corona eterea, si scorgono raggi immensi divergere dal Sole eclissato; delle fiamme rosee sembrano uscir dallo schermo lunare che nasconde il dio del giorno. Durante due minuti, tre minuti, quattro minuti, l'astronomia studia quella strana cornice resa visibile dal passaggio della Luna davanti al disco sfolgorante, mentre il popolo, stupito e sempre silenzioso, sembra attendere con ansietà la fine di uno spettacolo che non ha mai veduto e non rivedrà più. Repentinamente un getto di luce, un grido di gioia uscito da mille petti annunciano il ritorno del giulivo Sole, sempre terso, sempre ardente, sempre fedele. Si crederebbe udire in quel grido universale l'espressione sincera di una evidente soddisfazione. « Era proprio vero, il Sole, il bel Sole non era morto, era soltanto nascosto; sì, eccolo tal quale, che felicità! E tuttavia, era pure una strana cosa il vederlo scomparso un istante! ».

L'ultima eclisse *totale* di sole che sia stata visibile in Francia fu quella del 1842, parziale per Parigi, ma totale pel mezzodì della Francia. Confesso che non ne fui testimonio oculare, anzitutto perchè non abitavo nella zona dell'eclisse centrale, poi e soprattutto a motivo della mia età assai tenera (l'autore aveva allora quattro mesi e undici giorni). — Ma quegli che fu più tardi mio maestro pei suoi nobili e possenti lavori, Francesco Arago, erasi recato appositamente nei Pirenei Orientali, suo luogo nativo, per osservarla, ed ecco un estratto della sua relazione:

« S'avvicinava l'ora del principio. Quasi ventimila persone, munite di vetri affumicati, esaminavano il globo sfolgorante che splendeva in un cielo azzurro. Appena noi cominciavamo, armati de' nostri potenti cannocchiali, a scorgere la prima intaccatura del lembo occidentale del Sole, un grido immenso, un insieme di ventimila grida diverse, venne ad avvertirci che noi avevamo anticipato solamente di quelche secondo l'osservazione fatta ad occhio nudo da ventimila astronomi improvvisati. Una viva curiosità, un'emulazione, per così dire, un desiderio di non essere prevenuti da alcuno, sembravano aver avuto il privilegio di dare alla vista naturale una penetrazione, una potenza insolita. Fra questo momento e quelli che precedettero di pochissimo la scomparsa totale dell'astro, non osservammo nel contegno di tanti spettatori nulla che meriti di essere riferito. Ma allorchè il Sole, ridotto a un sottil filo, non irraggiava già più sul nostro orizzonte che una luce debolissima, una specie d'inquietudine s'impadronì di tutta quella folla; ciascuno provò il bisogno di comunicare le proprie impressioni ai vicini: onde una specie di sordo muggito, simile a quello del mare lontano dopo la tempesta. Il rumore diventava sempre più forte man mano che la sottile falce solare andava diminuendo. Finalmente anche questa sparve; le tenebre succedettero repentinamente alla luce, ed un assoluto silenzio contrassegnò questa fase del-

Fig. 103. — L'eclisse totale di sole del 29 luglio 1878, osservato sulle Montagne Rocciose (Stati Uniti).

l'eclisse, colla stessa precisione con cui la segnava il pendolo del nostro orologio astronomico. Il fenomeno, nella sua magnificenza, aveva trionfato della petulanza dei giovani, della leggerezza che taluni scambiano per un carattere di superiorità, dell'indifferenza rumorosa di cui fanno ordinariamente pompa i militari. Una profonda calma regnò nell'aria; gli uccelli non cantavano più. Dopo un'aspettazione solenne di due minuti circa, degli slanci di gioia, degli applausi frenetici, salutarono con un accordo maraviglioso, con una universale spontaneità, il riapparire dei primi raggi solari. Al melanconico raccoglimento prodotto da sensazioni indefinibili, era succeduta una soddisfazione viva e schietta, di cui nessuno pensava a contenere e moderare gli slanci. Per la maggioranza del pubblico il fenomeno era finito. Le altre fasi dell'eclisse non ebbero spettatori attenti, tranne le persone dedicate allo studio dell'astronomia ».

Ogni osservazione di eclisse presenta delle scene analoghe, più o meno svariate. In occasione dell'eclisse del 18 luglio 1860, si videro le donne e gli uomini, quali mettersi a pregare, quali fuggire verso le case loro. Furono anche veduti animali dirigersi verso le loro dimore come all'avvicinarsi della notte, le anitre riunirsi in frotte, le rondini buttarsi contro le case, le farfalle nascondersi, i fiori, e specialmente quelli dell'ibisco africano, chiudere le loro corolle. In generale, parve che gli uccelli, gl'insetti e i fiori risentissero prevalentemente l'influenza della oscurità dovuta all'eclisse.

Al momento dell'celisse del 18 agosto 1868, che il signor Janssen era andato ad osservare nell'India inglese, gli indigeni ch'erano stati messi a sua disposizione per servirlo se la diedero a gambe giusto all'istante in cui ebbe principio, e corsero a *bagnarsi*. Un rito della loro religione impone di immergersi nell'acqua fino al collo per scongiurare l'influenza del cattivo spirito. Tornarono quando tutto era finito.

Durante l'eclisse del 15 maggio 1877, i Turchi fecero una vera sommossa, nonostante i loro preparativi di guerra colla Russia, e tiravano dei colpi di fucile verso il Sole per liberarlo dagli artigli del drago. I giornali illustrati hanno ben anco riprodotta questa scena molto bizzarra nell'epoca nostra.

Durante quella del 29 luglio 1878, che fu totale per gli Stati Uniti, un negro, preso all'improvviso da un accesso di terrore e persuaso che era prossima la fine del mondo, sgozzò tosto sua meglie e i suoi figli. Quest'eclisse è rappresentata sulla figura a pag. 249. Si osserva intorno al Sole eclissato dalla Luna una gloria luminosa e immensi raggi che dardeggiano nello spazio. Tre astri sono visibili a sinistra del Sole: sono Mercurio, Regolo e Marte; due a destra: Castore e Polluce; uno sotto: Procione, ed uno abbasso verso destra: Venere. Se ne son veduti altri di fianco al Sole che furono scambiati per pianeti vicino al gran luminare; ma vedremo più innanzi che nulla è più incerto di questa osservazione.

Nella nostra illuminata Europa, rimangono tuttavia alcune vestigia degli antichi timori, e si collegano ancora talvolta questi fenomeni, al pari di quelli

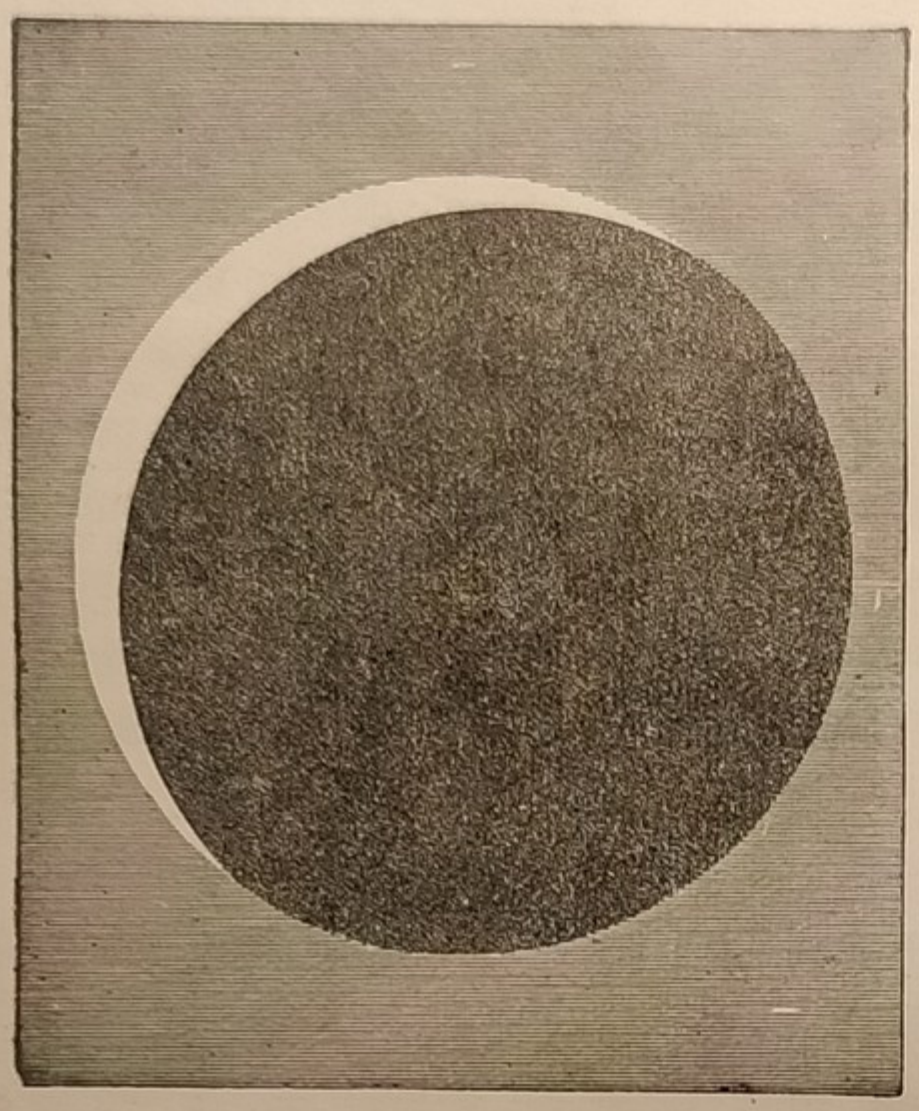


Fig. 104. — Vienna, 19 agosto 1887.

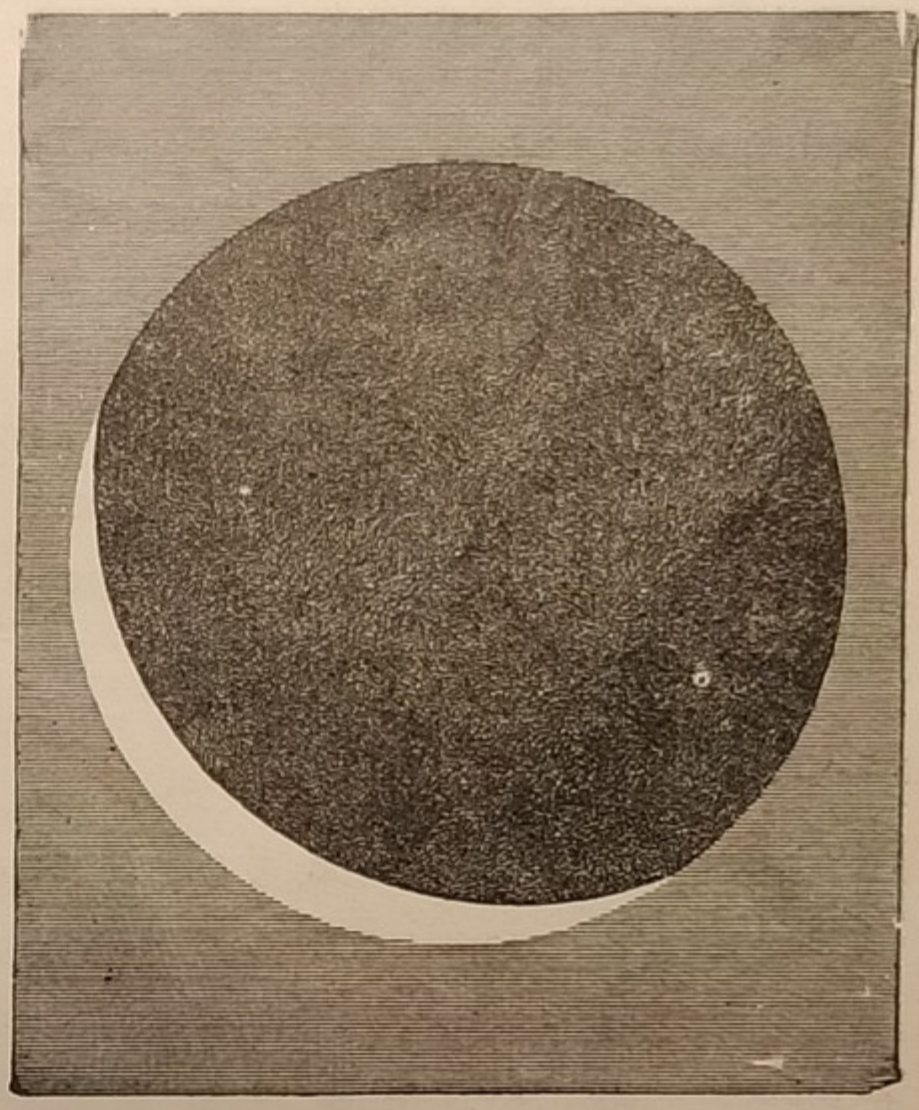


Fig. 105. — Rio Janeiro, 16 aprile 1893.

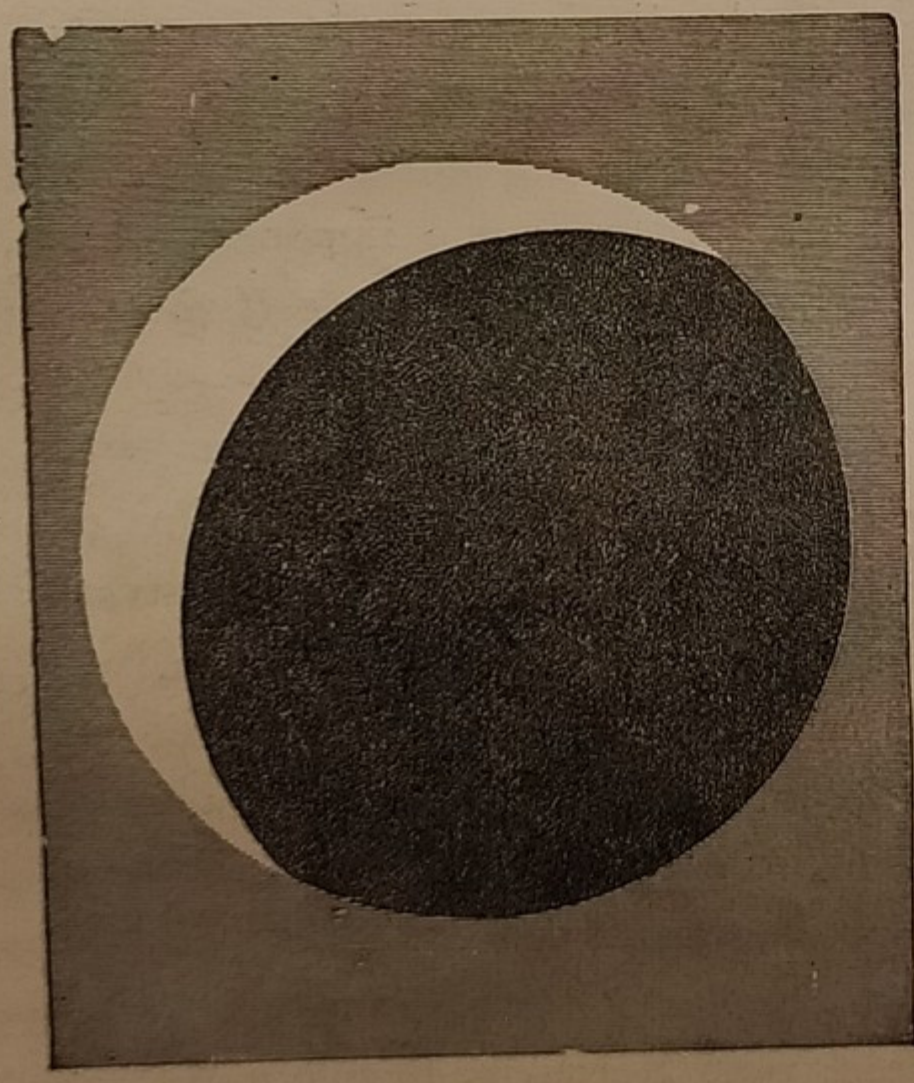


Fig. 106. — Pietrogrado, 9 agosto 1896.

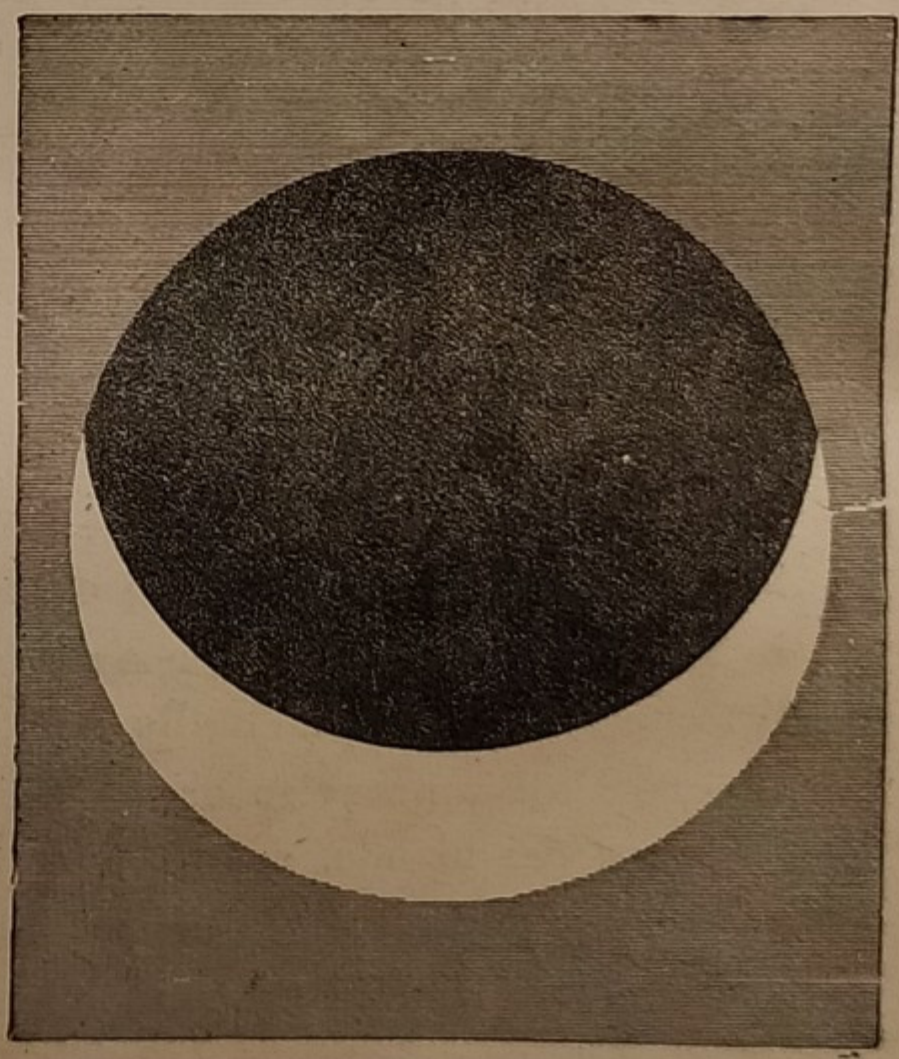


Fig. 107. — Roma, 28 maggio 1900.

spiacevoli della meteorologia, come i temporali, le inondazioni, le tempeste ad antiche credenze nella collera divina. Durante una delle ultime eclissi parziali alquanto forti, osservata nei nostri climi, quella del 6 marzo 1867

le suore che tenevano una scuola di ragazze hanno fatto mettere in orazion le loro allieve per allontanare la maledizione dell' Altissimo. Non ho inteso dir nulla di simile nell'occasione dell'eclisse del 22 dicembre 1870; è ben vero che ognuno aveva altre preoccupazioni dominanti, e che quest'eclisse era essa stessa eclissata da quella del senso comune; due nazioni intelligenti e ragionevoli si dilaniavano reciprocamente senza che se ne sia mai potuto sapere il perchè: duecentocinquantamila uomini morti, e dieci miliardi gettati al vento... In altri tempi avrebbero associato a questa macelleria internazionale, sia quest'eclisse della fine « dell' anno maledetto », sia le aurore boreali che

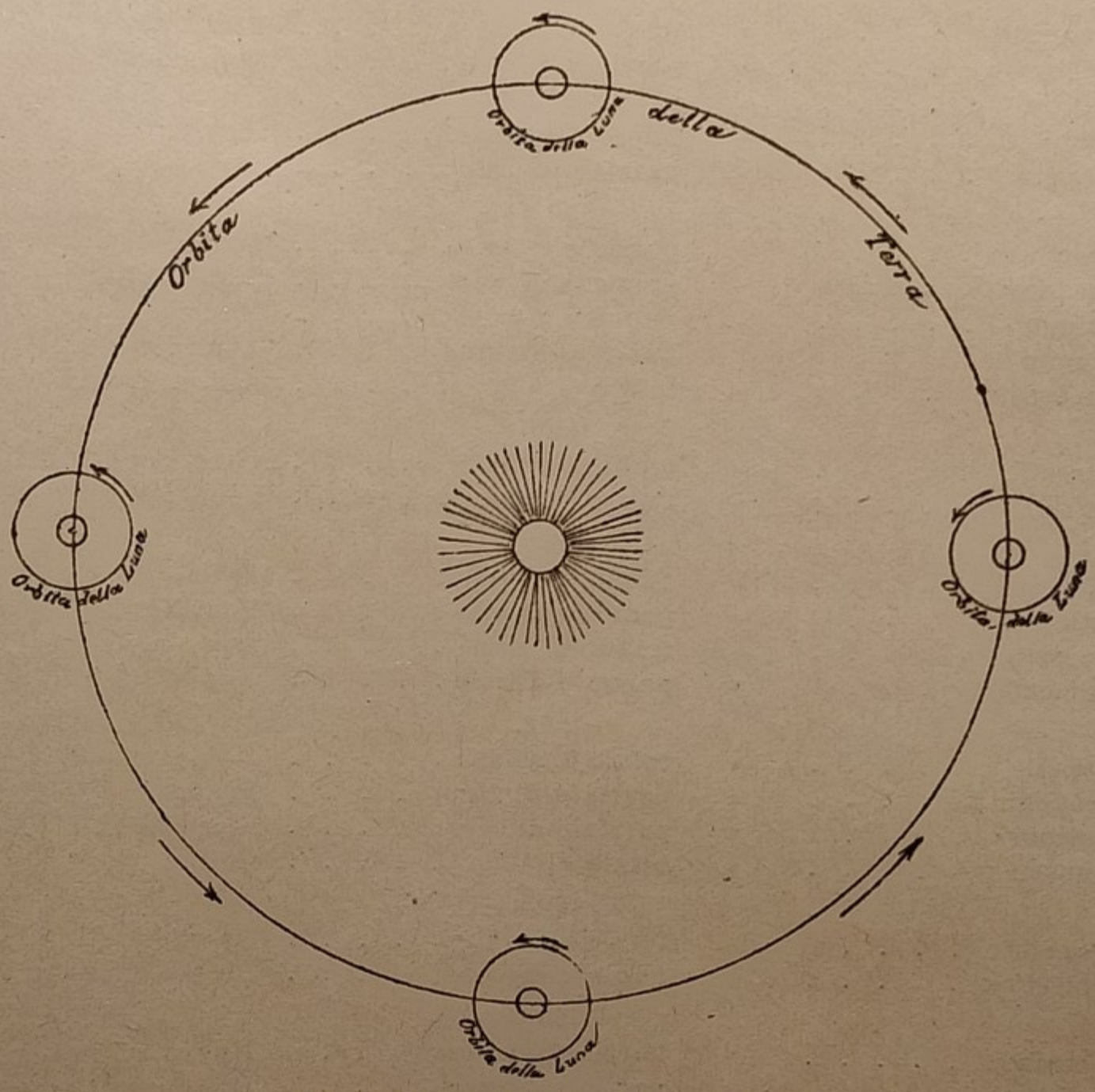


Fig. 108. — Orbite della Terra e della Luna.

apparvero allora nelle alte regioni: oggidì ognuno è persuaso che non ha avuto altro motivo che l'umana bestialità.

Completiamo questa lunga notizia sulle eclissi col quadro di tutte quelle che si verificheranno da oggi alla fine del secolo.

1884.

27 marzo	Eclisse	parziale di sole.	Asia.
10 aprile	»	totale di luna	Nuova Zelanda.
26 aprile	»	parziale di sole.	Polo sud.
4 ottobre	»	totale di luna	Grecia.
19 ottobre	»	parziale di sole	America.

		1885.	
15 marzo	Eclisse	anulare di sole	Oceano Pacifico.
30 marzo	»	parziale di luna	China.
9 settembre	»	totale di sole	Nuova Zelanda.
24 settembre	»	parziale di luna	Asia.
		1886.	
5 marzo	»	anulare di sole	Golfo del Messico
29 agosto	»	totale di sole	Africa Occidentale.
		1887.	
8 febbrajo	»	parziale di luna	Isole Sandwich.
22 febbrajo	»	anulare di sole	America del Sud.
3 agosto	»	parziale di luna	Armenia.
19 agosto	»	totale di sole	Russia, Austria.
		1888.	
28 gennajo	»	totale di luna	Francia.
11 febbrajo	»	parziale di sole	Polo Sud.
9 luglio	»	parziale di sole	Nuova Zelanda.
23 luglio	»	totale di luna	Mississippi.
10 agosto	»	parziale di sole	Asia.
		1889.	
1 gennajo	»	parziale di sole	Stretto di Behring.
17 gennajo	»	parziale di luna	Stati Uniti.
28 giugno	»	anulare di sole	Madagascar.
12 luglio	»	parziale di luna	Armenia.
22 dicembre	»	totale di sole	Africa, Sant'Elena.
		1890.	
17 giugno	»	anulare di sole	Capo Verde.
12 dicembre	»	totale di sole	Isola Maurizio.
		1891.	
23 maggio	»	totale di luna	India.
6 giugno	»	parziale di sole	Polo Nord.
16 novembre	»	totale di luna	Irlanda.
1 dicembre	»	parziale di sole	—
		1892.	
26 aprile	»	totale di sole	Oceano Pacifico.
11 maggio	»	parziale di luna	Francia.
20 ottobre	»	parziale di sole	Stati Uniti.
4 novembre	»	totale di luna	China.
		1893.	
16 aprile	»	totale di sole	Brasile.
9 ottobre	»	anulare di sole	Perù.
		1894.	
21 marzo	»	parziale di luna	Nuova Guinea.
6 aprile	»	parziale di sole	Egitto.
15 settembre	»	parziale di luna	Canadà.
29 settembre	»	totale di sole	Madagascar.
		1895.	
16 marzo	»	totale di luna	Barbada.
26 marzo	»	parziale di sole	Europa.
20 agosto	»	parziale di sole	Asia.
4 settembre	»	totale di luna	Mississippi.
18 settembre	»	parziale di sole	America del Sud.
		1896.	
13 febbrajo	»	anulare di sole	Oceano Australe.
28 febbrajo	»	parziale di luna	Persia.
9 agosto	»	totale di sole	Germania.
23 agosto	»	parziale di luna	Messico.
		1897.	
1 febbrajo	»	anulare di sole	Nuova Caledonia.
19 luglio	»	anulare di sole	Barbada.

		1898.	
7 gennajo	Eclisse	parziale di luna	Francia.
22 gennajo	»	totale di sole	China.
3 luglio	»	parziale di luna	Russia.
18 luglio	»	anulare di sole	America del Sud.
27 settembre	»	totale di luna	Francia.
		1899.	
11 gennajo	»	parziale di sole	Asia.
8 giugno	»	parziale di sole	Europa.
23 giugno	»	totale di luna	Nuova Guinea.
17 dicembre	»	parziale di luna	Capo Verde.
		1900.	
28 maggio	»	totale di sole	Spagna.
22 novembre	»	anulare di sole	Madagascar.

Io non dubito punto, miei cari lettori, che voi non dimoriate come me su questo pianeta fino all'ultima di queste eclissi, e abbiate agio a verificare la esattezza di queste predizioni. Sgraziatamente, neppur un'eclisse di sole sarà totale per la Francia; ma, per poco che le nostre invenzioni in termologia ed elettrologia continuino e che altre vengano loro in aiuto, la Terra non sarà tra breve che tutt'un paese, e si viaggerà da Parigi a Pechino con molto minor disagio di quello che s'avesse nel secolo scorso per andare da Parigi a Saint-Cloud.

Nelle figure 104-107 abbiamo abbozzate le fasi massime delle eclissi totali più importanti della fine del secolo, che saranno visibili in quattro capitali scelte sul loro cammino.

L'eclisse prossima più grande visibile a Parigi non avrà luogo che nel 1912; non sarà tuttavia neppur essa totale. Nel 1925, 1961 e 1999 saranno quasi totali. Non ne avremo di totali a Parigi prima del 2026. Londra non ne avrà prima del 2090, e la totalità non accadrà che un quarto d'ora prima del tramonto del Sole. Purchè, almeno, il cielo inglese non sia in quel dì nebbioso.

Noi stiamo ora per abbandonare la Luna e la Terra e trasportarci sul Sole, nel centro stesso del sistema celeste al quale apparteniamo. Vi ci conduce l'ordine logico. Abbiamo voluto dapprima renderci conto della vera posizione che noi occupiamo nello spazio, ed abbiamo cominciato dallo studiare il nostro proprio pianeta, mobile base di tutte le nostre osservazioni. Poi abbiamo esaminato la situazione, il moto e la natura della Luna, nostro fedel satellite, e abbiamo completato questo studio con quello delle eclissi, che ci fece già entrar un momento in relazione col Sole scoprendoci le protuberanze e l'atmosfera luminosa resa visibile dallo schermo lunare quando questo per un istante nasconde al nostro occhio lo smagliante focolare. Abbiamo anche parlato del Sole a proposito del moto annuo di traslazione della Terra intorno ad esso, e noi già sappiamo che esso domina vicino al centro dell'orbita terrestre. Non ci resta più che un passo da fare per entrare in completa relazione con questo sovrano del mondo, ed è d'apprezzare esattamente il rapporto che esiste fra la sua distanza e quella della Luna, prima nostra tappa

Fig. 109. — Distanza del Sole dalla Terra: 108 volte il diametro del Sole.

E, anzi tutto, è mestieri imaginarci l'orbita della Luna cingente da vicino la Terra, mentre quella della Terra si sviluppa ad una grande distanza intorno al Sole (fig. 108). Intanto che il nostro pianeta gira in un anno intorno all'astro raggiante trae seco la Luna, che ruota in un mese intorno a noi. Ma il rapporto fra le distanze è ben più considerevole di quello espresso nella figura, ed è oltremodo difficile il rappresentarlo esattamente con un disegno. Possiamo tuttavia tentarlo. La distanza del Sole è 385 volte maggiore di quella della Luna. Rappresentandola con una retta lunga 195 millimetri, la distanza della Luna sarà di mezzo millimetro. È certamente molto piccola, ma si può tuttavia disegnare: è quello che s'è fatto nella figura allato. La Terra è rappresentata da un punto al basso della figura. Intorno ad essa vedesi un circoletto di mezzo millimetro di raggio che è l'orbita della Luna. Ad una distanza di 385 volte questo raggio, in alto nella figura, è collocato il Sole, alla sua distanza effettiva e nella sua grandezza reale, secondo la scala adottata. Il Sole, infatti, misura in diametro pressochè il doppio dell'orbita lunare, e su tutta la lunghezza della retta che congiunge il Sole colla Terra non si potrebbero disporre, a guisa di grani di rosario combaciantisi, che 108 soli; con questa scala, il globo solare misura quindi millimetri 1,8 di diametro. Come si vede, e lo abbiamo già detto più indietro, la Luna tocca quasi la Terra e non ne è che una provincia, un'isola annessa.

Si pensi adesso alle proporzioni reali.

La Terra ha un diametro di 3184 leghe, o 12 736 chilometri di lunghezza. La distanza da noi alla Luna vale 30 diametri terrestri, e quella da noi al Sole ne comprende 11 600.

Un convoglio a vapore, celerissimo, che con una velocità di 60 chilometri all'ora giungerebbe alla stazione lunare in 38 settimane, viaggerebbe in linea retta per 266 anni prima di toccare la capitale dell'impero solare... è un viaggio assai lungo! Mettiamoci a cavalcioni sopra una palla di cannone: noi avremo attraversata l'orbita lunare nella mattina del nono giorno, e dopo nove anni interi di un volo rapidissimo, arriveremo alla soglia dell'astro diurno... È ancor troppo lungo. Facciamoci portare da un raggio di luce che percorre trecentomila chilometri al secondo; e in un secondo e un terzo arriviamo alla Luna, in 8 minuti al Sole. — Partiamo! e arriviamo.

FINE DEL LIBRO SECONDO.

LIBRO TERZO

IL SOLE

CAPITOLO I.

Il Sole reggitore del mondo. — Grandezza e proporzioni del «Sistema solare». — I numeri e l'armonia.

Sorgente abbagliante della luce, del calore, del movimento, della vita e della bellezza, il divin Sole ha in tutti i secoli ricevuto gli omaggi premurosi riconoscenti dei mortali. L'ignorante lo ammira perchè sente gli effetti della

sua potenza, della sua virtù; il dotto l'apprezza perchè ha appreso a conoscere la sua importanza, unica nel sistema del mondo; l'artista lo saluta, perchè vede nel suo splendore la causa virtuale di tutte le armonie. Questo astro gigante è veramente il centro dell'organismo planetario; ciascuna delle sue celesti palpitazioni invia lontan lontano, fino alla nostra piccola Terra, che voga alla distanza di 37 milioni di leghe, fino al remoto Nettuno, che circola a 1100 milioni di leghe, fino alle pallide comete più lontane ancora, abbandonate nel perpetuo inverno.... e fino alle stelle, a milioni di miliardi di leghe da noi..., ciascuna, dico. delle palpitazioni di questo cuore infiammato irraggia e diffonde senza misura l'incommensurabile forza vitale che va diffondendo la vita e il benessere su tutti i mondi. Questa forza emana senza posa dall'energia solare e spiega la propria energia intorno a lui nello spazio con una rapidità singolare; otto minuti bastano alla luce per attraversare l'abisso che ci separa dall'astro centrale: il pensiero stesso non concepisce distintamente questo balzo di 75 000 leghe valicato a ciascun secondo dall'onda luminosa. Quale non è mai l'energia di questo focolare! Di già noi abbiamo apprezzata l'entità del globo solare; 108 volte più largo della Terra in diametro; 1 279 000 volte più gigantesco in volume, 324 000 volte più grave come massa. Come possiamo figurarci così fatte dimensioni?

Rappresentando la Terra con un globo di un metro di diametro, il Sole sarà rappresentato con un globo di 108 metri. Si avrà un'idea di un siffatto globo, considerando che la più vasta cupola che l'architettura umana abbia mai costruito, la cupola di Firenze, lanciata nell'aria dal genio di Brunelleschi, non misura che 46 metri di diametro; la cupola di San Pietro in Roma e quella del Pantheon d'Agrippa misurano meno di 43 metri; la volta degli Invalidi, a Parigi, misura 24 metri, e quella del Pantheon 20 metri e mezzo solamente. Così se si rappresentasse il sole con una sfera della grossezza della cupola del Pantheon di Parigi, la Terra sarebbe ridotta alla sua comparativa dimensione sotto la forma di una palla di 19 centimetri di diametro.

Del resto non si potrebbe mai troppo insistere sull'importanza del Sole e sulla sua superiorità sul nostro globo. Ed è per questo che noi riproduciamo la figura così eloquente di queste grandezze comparate. Esaminate nel tempo stesso il curioso aspetto *granulare* della superficie solare, sul quale la nostra attenzione dovrà fra breve essere particolarmente diretta.

Ponendo il Sole sopra un piatto d'una bilancia abbastanza gigantesca per riceverlo, bisognerebbe mettere sull'altro piatto 324 000 Terre simili alla nostra per fargli equilibrio. Questa massa enorme comprende entro i suoi raggi tutto il suo sistema. Se il paragone non fosse offensivo pel Dio Sole, si potrebbe dire che egli è là come il ragno al centro della sua tela. I mondi stanno

attaccati alla ragnatela della sua attrazione. Egli domina al centro e tiene tutto sotto il proprio impero.

Relativamente alla sua grandezza e alla sua forza, i mondi sono balocchi che girano intorno a lui.

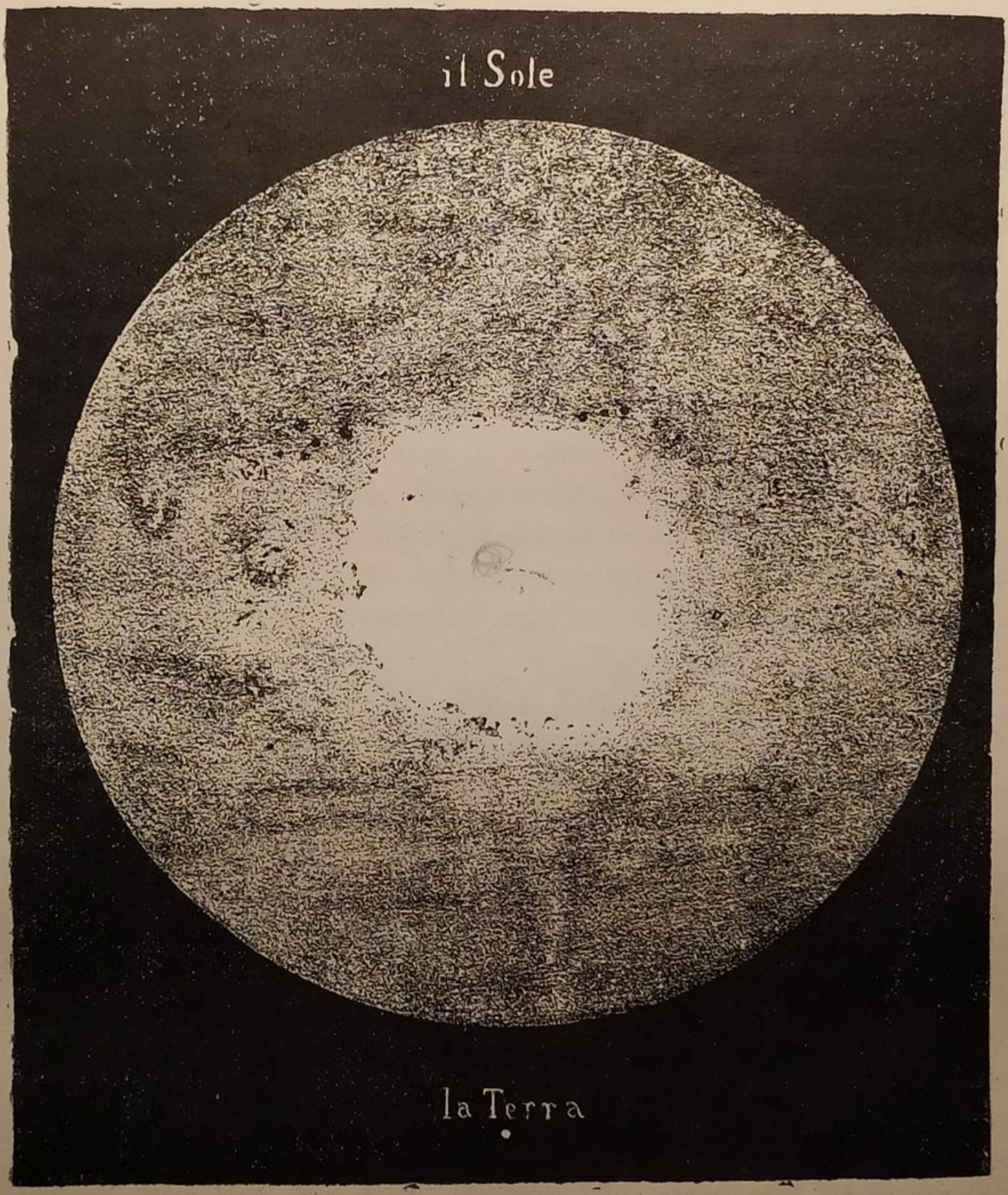


Fig. 111. — Grandezza del Sole. Aspetto granulare della sua superficie.

Rappresentiamoci subito il rapporto che esiste tra l' importanza del Sole e la condizione dei piccoli globi che lo circondano. Tracciamo perciò alcune tavole molto interessanti benchè composte di cifre. E anzitutto consideriamo la figura generale del sistema.

DISTANZA DEI PIANETI DAL SOLE E DURATA DELLE LORO RIVOLUZIONI.

Pianeti	Distanza dal Sole: Per la terra essendo 1	Distanza dal Sole: in milioni di leghe	Durata delle rivoluzioni
Il Sole	—	—	—
Mercurio	0,387	15	88 giorni
Venere	0,723	26	225 »
La Terra e la Luna	1	37	365 »
Marte (2 satelliti)	1,524	56	1 anno 322 »
Giove (8 satelliti)	5,203	192	11 anni 315 »
Saturno (8 satelliti)	9,539	355	29 » 167 »
Urano (4 satelliti)	19,1 3	710	84 » 89 »
Nettuno (1 satellite)	30,055	1110	164 » 284 »

Questa piccola tavola non domanda spiegazioni: si vede che l'ultimo pianeta del sistema, Nettuno, è trenta volte più lontano di noi dal Sole e quasi ottanta volte più lontano di Mercurio. Siccome la luce e il calore decrescono in ragione del quadrato delle distanze, questa estrema provincia riceve circa 6400 volte meno di luce e di calore di quella più vicina all'astro ardente.

Si vede nel tempo stesso che l'anno di Nettuno è più di 164 volte più lungo del nostro e più di 680 volte superiore a quello di Mercurio. In capo ad un anno nettuniano la Terra ne ha contati quasi 165 e Mercurio 684. Consideriamo ora le differenze in grandezza e in peso dei principali globi del sistema, e classifichiamoli in progressione decrescente.

GRANDEZZE E MASSE COMPARATE.

	Diametri	Volumi	Masse
Il Sole	108	127 9267	324 479
Giove	11	1230	309
Saturno	9	675	92
Nettuno	4	85	18
Urano	4	75	16
La Terra	1	1	1
Venere	0,95	0,87	0,79
Marte	0,51	0,16	0,11
Mercurio	0,38	0,05	0,07
La Luna	0,27	0,02	0,01

Queste cifre sono abbastanza chiare. Si vede che rappresentando la Terra con 1, Giove, per esempio, ha un diametro 11 volte più grande, e Mercurio un diametro che non è che i 38 centesimi, o un po' meno dei 4 decimi del nostro.

La massa del Sole è data dalla cifra 324 479, mentre quella di Mercurio non è che i 6 centesimi della massa terrestre e quella di Nettuno vale presso a poco 18 volte quella del nostro globo. La prima di queste due tavole ci mostra che rappresentando con 1 la distanza della Terra dal Sole, quella di Mercurio è rappresentata da 387 millesimi, cioè Mercurio è a un po' più di un terzo della distanza dal Sole alla Terra, partendo dal Sole, Venere ai 7 decimi circa, Marte una volta e mezza più lontano di noi, Giove 5 volte

più lontano, e così di seguito. Ora, siccome dal punto di vista dell'assoluto, non è la Terra, ma il Sole, che è il punto di confronto e il centro regolatore, sarà cosa per noi interessante, il rappresentarci le distanze dei pianeti espresse in proporzioni del diametro del Sole, i volumi e le masse in proporzioni del volume e della massa di quest'astro, e questa nuova tavola sarà più razionale delle prime, perchè il Sole è il capo, il reggitore del suo sistema.

ELEMENTI COMPARATI DEI PIANETI, IL SOLE PRESO PER UNITÀ.

	Distanze il mezzo-diametro del Sole, essendo 1.	Diametri comparati a quello del Sole.	Masse comparate a quella del Sole.
Il Sole	1	1	1
Mercurio	83	$\frac{1}{282}$	$\frac{1}{4\,348\,000}$
Venere	155	$\frac{1}{115}$	$\frac{1}{412\,150}$
La Terra	214	$\frac{1}{108}$	$\frac{1}{324\,479}$
Marte	322	$\frac{1}{202}$	$\frac{1}{2\,908\,300}$
Giove	1116	$\frac{1}{97}$ 9,7	$\frac{1}{1050}$
Saturno	2071	$\frac{1}{~~~~}$ 11,4	$\frac{1}{35\,296}$
Urano	4108	$\frac{1}{~~~~}$ 2,7	$\frac{1}{20\,574}$
Nettuno	6120	$\frac{1}{~~~~}$ 2,7	$\frac{1}{17\,500}$

Queste cifre dicono, come lo si intende senza fatica, che Mercurio è lontano dal Sole 83 volte il mezzo diametro di questo gran corpo, Venere 155 volte, la Terra 214 volte, ecc.; che il diametro di Mercurio non è che la 282ª parte di quello del Sole, cioè che abbisognerebbero 282 globi come Mercurio messi in fila per attraversare il globo solare; 108 globi come la Terra, quasi 10 di Giove, ecc.; e che in quanto alle masse o ai pesi, bisognerebbero 4 348 000 Mercuri, 324 479 Terre, o 17 500 Nettuni per formare una massa del medesimo peso di quella del Sole. Giove pesa 309 volte più della Terra, ma 1050 volte meno del Sole. Il suo diametro eccede quello della Terra più di 11 volte, ma è inferiore a quello del Sole 9 volte e 7 decimi Questo è un pianeta importante, che è per così dire intermediario, come volume e come massa, tra la Terra e il Sole. Tuttavia l'astro del giorno domina il tutto, come il Leviathan sul mare domina una flotta d'imbarcazioni che lo accompagnano; egli pesa da sè solo ancora *700 volte più* che i pianeti tutti riuniti.

Dalle masse e dai volumi, si conclude la densità dei materiali costituenti ciascun mondo.

DENSITÀ COMPARATA DEI MONDI DEL NOSTRO SISTEMA.

Mercurio	1,376	Il Sole	0,25
La Terra	1	Giove	0,2
Venere	0,905	Nettuno	0,216
Marte	0,714	Urano	0,208
La Luna	0,602	Saturno	0,121

Questo piccolo quadro mostra che il mondo del nostro sistema i cui materiali costitutivi sono i più densi è Mercurio, e che quello che è composto delle sostanze le più leggiere è Saturno.

Nel quadro precedente noi non abbiamo tenuto conto d'una zona di piccoli pianeti che gravitano tra Marte e Giove. Vi sono là dei frammenti, degli asteroidi (planetoidi), di cui un grande numero non misurano che qualche lega di diametro, che provengono sia da una rottura dell'anello originario, sia da uno o da parecchî pianeti infranti, e occupano la maggior parte dello spazio compreso tra l'orbita di Marte e quella di Giove. Fino all'anno 1878 se n'eran già trovati 220.

I nostri lettori completeranno la esatta conoscenza che essi desiderano avere del sistema solare esaminando attentamente il grande disegno che segue, rappresentante l'assieme del mondo solare. Le orbite dei pianeti vi sono disegnate nel loro ordine relativo nella scala semplicissima di un millimetro per 10 milioni di leghe.

Quanto è interessante a esaminarsi questa figura! È là al terzo cerchio, che noi ci troviamo, che noi viviamo, e che noi giriamo, là vicinissimo al focolare luminoso. Non siamo noi abbruciati, non siamo noi acciecati, come farfalle giranti attorno ad un candelliere? Quando si pensa che tutti i destini materiali, morali, religiosi e politici e della Terra e della Luna, hanno luogo in questo piccolo punto!...

L'esame di questo piano topografico dell'universo solare non rivela veruna proporzione nelle distanze delle orbite. Non trovate voi che la distanza da Saturno ad Urano sembri troppo grande? Essa è in effetto, la stessa di quella da Urano a Nettuno, ciò che distrugge la progressione. L'astronomo Titius aveva rimarcato, al secolo scorso, e Bode ha pubblicato questa osservazione che porta il suo nome, che si possono esprimere le distanze successive dai pianeti al Sole per mezzo di una progressione semplicissima. Scriviamo di seguito gli uni agli altri, i numeri successivamente raddoppiati:

3, 6, 12, 24, 48, 96.

Mettiamo uno zero per primo termine, ed a questo come a tutti gli altri numeri aggiungiamo 4; noi troviamo la serie:

4, 7, 10, 16, 28, 52, 100.

Ora, risulta, che rappresentando con 10 la distanza della Terra, quelle degli altri pianeti corrispondono approssimativamente a questi numeri, come è d'altra parte facile persuadersene:

Mercurio	Venere	La Terra	Marte	Planetoidi	Giove	Saturno
3,9	7,2	10	15,2	20 a 25	52	96

Il pianeta Urano, scoperto dopo, è venuto a porsi alla distanza 192 che differisce molto poco da 196, cifra ottenuta continuando la serie (192 + 4).

Ma Nettuno, in luogo di trovarsi a 384 + 4 o 388, si trova a 300, cioè un po' troppo vicino. La regolarità non va dunque più innanzi. La progressione delle *velocità* è più approssimata. Moltiplicando per 1.414 ($=\sqrt{2}$) la velocità di un pianeta nella sua orbita si ottiene una cifra quasi uguale alla velocità del pianeta immediatamente inferiore. È possibile che originariamente i pianeti si sieno distaccati dal Sole seguendo questa legge e che dopo, molti di essi, si sieno, non si sa per qual causa, riavvicinati al Sole.

Al postutto, potrebbe anche darsi che i pianeti sieno destinati a cadere tutti successivamente nell'astro centrale.

La potenza solare fa gravitare attorno ad essa tutti i mondi del suo sistema. Essi girano, come pietre nelle fionde con una velocità spaventevole. Più son essi vicini al Sole, e maggiore è la loro velocità. Come abbiamo verificato a proposito della Luna, la velocità colla quale girano i globi celesti dà origine ad una forza centrifuga che tende ad allontanarli dal Sole precisamente della quantità di cui il Sole li attrae, causa per cui essi si sostengono sempre alla medesima distanza media.

Noi abbiamo già veduto, parlando del movimento della Luna intorno alla Terra, e delle ricerche di Newton sulla causa dei moti celesti, che l'attrazione decresce secondo il quadrato della distanza, cioè secondo la distanza moltiplicata per sè stessa. Ad una distanza doppia essa è quattro volte minore, ad una tripla distanza essa è nove volte più debole; ad una distanza quadrupla sedici volte minore, ecc. Ci è dunque facile il rappresentarci il valore esatto dell'attrazione solare alla distanza dei diversi mondi. Ecco la quantità di cui i pianeti cadrebbero verso il Sole se essi fossero arrestati nel loro corso, o, in altri termini, la quantità di cui una pietra cadrebbe verso lo stesso centro d'attrazione supponendola posta a quelle differenti distanze e abbandonata alla sua gravità:

GRAVITAZIONE VERSO IL SOLE.

		Caduta nel 1° secondo
Alla superficie del	Sole	134m,
Alla distanza di	Mercurio	0m, 0196
» »	di Venere	0m, 0056
» »	della Terra	0m, 0029
» »	di Marte	0m, 0013
» »	di Giove	0m, 0001
» »	di Saturno	0m, 000032
» »	di Urano	0m, 000008
» »	di Nettuno	0m, 000003

Queste velocità sono quelle con cui i corpi cadrebbero verso il Sole durante il primo minuto secondo la caduta; dopo questo minuto secondo, al principio del successivo, essa sarà raddoppiata e i pianeti cadrebbero così con una velocità inimaginabile di 600 chilometri nell'ultimo minuto secondo.

E pertanto durante il primo minuto secondo, la Terra non cadrebbe verso il Sole, non gli si avvicinerebbe, che di 2 millimetri e 9 decimi, o meno di 3 millimetri; Marte di 1^{mm} 3; Giove di 1 decimo di millimetro; Saturno di 32 millesimi di millimetro; Urano di 8; e Nettuno solamente di 3 millesimi di millimetro! Ecco nella tavola seguente il tempo che ciascun mondo impiegherebbe a cadere nel Sole:

DURATA DELLA CADUTA DEI PIANETI NEL SOLE (1).

	Giorni		Giorni
Mercurio	15,55	Giove	765,87
Venere	39,73	Saturno	1901,03
La Terra	64,57	Urano	5424,57
Marte	121,44	Nettuno	10628,73

La velocità dei pianeti nelle loro orbite è proporzionata alla loro distanza e in tal maniera con l'attrazione del Sole, che vogando nello spazio essa sviluppa una forza centrifuga che tende ad allontanarli dal Sole precisamente della quantità stessa di cui essi tendono ad accostarsi per l'attrazione solare d'onde risulta un perpetuo equilibrio, come l'abbiamo già notato. Noi abbiamo già veduto come la Terra giri intorno al Sole con una velocità di 29 chilometri per secondo e la Luna giri attorno alla Terra con una velocità di un chilometro nella stessa unità di tempo.

Ecco adesso qui le velocità di cui sono animati tutti i pianeti nel loro rapido movimento intorno al focolare d'illuminazione:

---

(1) Quello che v'ha di più curioso in queste durate, si è che moltiplicandole tutte per una medesima cifra, si riproduce l'anno di ciascun pianeta.

		Giorni
Mercurio	15,55×5,656856=	87,9692
Venere	39,73×5,656856=	224,7008
La Terra	64,57×5,656856=	365,2564
Marte	121,44×5,656856=	686,9796
Giove	765,87×5,656856=	4332,5848
Saturno	1901,93×5,656856=	10759,2198
Urano	5424,57×5,656856=	30686,8208
Nettuno	10628,73×5,656856=	60126,7200

La prima volta che io feci questo rimarco (fu nel principio dell'anno 1870) ne rimasi perplesso per mesi interi, ed avevo un bell'ingegnarmi, o cercare nei libri, nessun principio della meccanica celeste mi metteva sulla via per discoprire la causa. Cosa era questo famoso coefficiente 5,656856? È la radice quadrata di 32. Ma che cosa ha a che fare questa radice quadrata in questo rapporto così curioso e così inaspettato tra le rivoluzioni dei pianeti e la loro caduta nel Sole? Finalmente nel 1872 ho finito per trovare che se noi paragoniamo la caduta della Terra nel Sole alla metà di un'ellisse estremamente piatta il cui perielio sia quasi tangente al Sole, questa ellisse avrà per asse maggiore l'attuale distanza della Terra dal Sole, cioè la metà del diametro attuale dell'orbita terrestre. Stando i quadrati dei tempi tra essi come i cubi delle distanze, la rivoluzione della Terra lungo questa nuova orbita sarebbe data dalla radice quadrata del cubo di $\frac{1}{2}$ o di $\frac{1}{8}$ e per conseguenza sarebbe di $\frac{365\ \ 256}{2\ \ 828}$ o di 128 giorni. La metà di questa rivoluzione, o, ciò che torna lo stesso, abbiamo esposto, il tempo della caduta nel Sole, sarebbe dunque data dalla metà della radice quadrata di $\frac{4}{8}$ o da $\frac{356\ \ 256}{5\ \ 687}$. Ma la metà della radice quadrata di $\frac{1}{8}$ è la radice quadrata di $\frac{1}{32}$, ossia la nostra cifra 5,656856.

Fig. 112. — Il sistema planetario. (Nella scala precisa di 1 millimetro per 10 milioni di leghe).

CORSO E VELOCITÀ DEI PIANETI INTORNO AL SOLE.

	Velocità media per secondo				
Mercurio	47	chilometri	o 1 012 000	leghe	al giorno
Venere	35	»	750 000	»	»
La Terra	29	»	643 000	»	»
Marte	24	»	518 000	»	»
Giove	13	»	278 750	»	»
Saturno	10	»	205 200	»	»
Urano	7	»	144 700	»	»
Nettuno	5	»	116 000	»	»

Tali sono le velocità di cui i pianeti sono animati nella loro corsa attorno al Sole. Ci è egli possibile concepirne la grandezza? Una palla sorte dalla gola infiammata del cannone con una rapidità di 400 metri per secondo; il globo terrestre va 75 volte più veloce, Mercurio 117 volte più veloce... È una rapidità così prodigiosa, che se due pianeti s'incontrassero nel loro corso, l'urto sarebbe inimaginabile; non solamente sarebbero rotti in pezzetti, ridotti in polvere l'uno e l'altro, ma ancora, il loro movimento trasformandosi in calore, essi sarebbero subitamente elevati a un tal grado di temperatura che sfumerebbero in vapore, tutti interi, terre, pietre, acque, piante, abitanti, e formerebbero una immensa nebulosa!

In ragione di queste differenti velocità, i pianeti cambiano costantemente di posizione l'uno rispetto all'altro.

Questa serie di piccole tavole ci dà un'idea generale della fisiologia del sistema del mondo.

Noi abbiamo veduto, trattando la questione dei movimenti della Terra, che il nostro pianeta descrive una elisse (fig. 17 pag. 34) attorno al Sole, e noi abbiamo veduto del pari come le leggi dell'attrazione sono state scoperte dall'analisi del movimento della Luna. Noi siamo pertanto sufficientemente preparati a comprendere le leggi che reggono il sistema. Ecco queste leggi che importa assai ricordare.

1.° *I pianeti girano intorno al Sole descrivendo delle elissi di cui quest'astro occupa uno dei fuochi.*

Noi abbiamo sufficientemente studiato questo fatto parlando del moto annuo della Terra intorno al Sole; e noi abbiamo veduto che tutti i pianeti girano come la Terra intorno allo stesso astro.

2.° *Le aree o superficie descritte dai raggi vettori delle orbite sono proporzionali ai tempi impiegati a percorrerle.*

Consideriamo uno stesso pianeta a diverse epoche della sua rivoluzione, e supponiamo che si segnino sulla sua orbita (fig. 113) tanti archi, *AB*, *CD*, *EF*... percorsi dal pianeta in tempi uguali, sia in un mese, o più esattamente, in un periodo di trenta giorni.

La velocità del pianeta varia secondo le posizioni che esso occupa lungo

la sua orbita. Esso tiene un corso medio quando si trova alla sua media distanza *AB*. Allorquando è vicino al Sole, verso le posizioni *CD*, la sua velocità è accelerata.

Allorquando ne è lontano come nella posizione *EF*, cammina molto più lentamente. Così il movimento della Terra nella sua orbita non è uniforme: essa voga con più velocità quando si trova al perielio (gennajo) che quando si trova all'afelio (giugno). Gli archi percorsi in uno stesso tempo sono tanto più piccoli quanto più il pianeta è lontano.

Ma le superficie comprese tra le linee condotte dal Sole alle due estremità degli archi percorsi in tempi uguali sono *uguali* fra loro. È questo un fatto rimarchevole. Così la Terra mette tanto tempo per trasportarsi da *E* in *F* quanto per andare da *C* a *D*, benchè il primo arco sia molto più piccolo del secondo. Si chiamano *raggi vettori* le linee tali che *SE*, *SF*, *SA*, *SB*, ecc., condotte dal Sole al pianeta nelle sue differenti posizioni. Le superficie percorse o generate da questi raggi vettori sono proporzionali ai tempi impiegati a percorrerle: due, tre, quattro volte maggiori secondochè l'intervallo che si considera è due, tre, quattro volte più lungo.

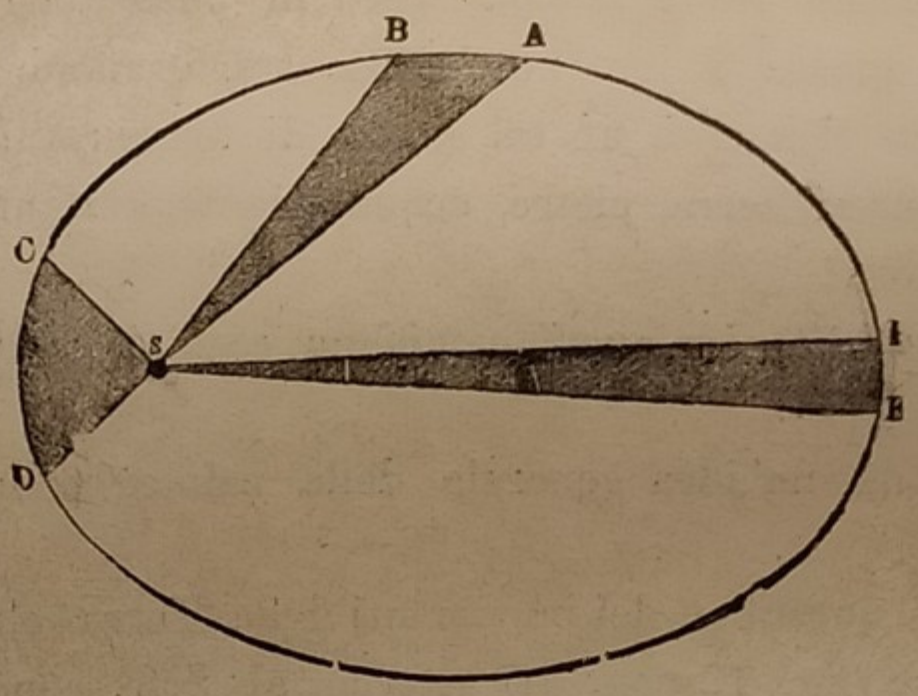


Fig 113 — Spiegazione dei moti dei pianeti
Legge delle aree.

La terza proposizione fondamentale è questa. È necessario conoscerla per rappresentarsi esattamente questi movimenti.

3.° *I quadrati dei tempi delle rivoluzioni dei pianeti intorno al Sole, stanno tra loro come i cubi delle distanze.*

Questa legge è la più importante di tutte, perchè collega tutti i pianeti fra loro (1).

---

(1) È qui il luogo di spiegare in due parole, a quei nostri lettori che non hanno studiato matematica che cos'è un *quadrato* e un *cubo*. Ecco delle parole barbare che ci spaventano molto innocentemente. Un quadrato, non è altro che un numero qualunque moltiplicato per sè stesso. Così, 2 volte 2 fa 4; ebbene! 4, è il quadrato di due; 3 volte 3 fa 9; 9 è il quadrato di 3; $4 \times 4 = 16$; 16 è il quadrato di 4..., ecco tutto. Un cubo, è il numero moltiplicato due volte per sè stesso. Così $2 \times 2 \times 2 = 8$; 8 è il cubo di 2; $3 \times 3 \times 3 = 27$; 27 è il cubo di 3; $4 \times 4 \times 4 = 64$; 64 è il cubo di 4: ecc.

Si dà il nome di *radice quadrata* di un numero, al numero che moltiplicato per sè stesso una volta riproduce quel dato numero. Così la radice quadrata di 4 è 2, perchè 2 volte 2 fa 4; la radice quadrata di di 9 è 3; quella di 16 è 4; quella di 25 è 5, ecc.

Si dà il nome di *radice cubica* al numero che, moltiplicato due volte per sè stesso, riproduce questo numero. Così la radice cubica di 8 è 2, quella di 27 è 3, quella di 64 è 4, quella di 125 è 5, ecc.

Per indicare il quadrato di un numero si mette un piccolo 2 a modo di apostrofo in alto, a destra di esso; il quadrato di 10 si scrive 10^2. Il che significa la seconda potenza di 10.

La rivoluzione è di durata tanto più lunga, quanto è più grande la distanza, ossia quanto è più grande il diametro dell'orbita. L'ordine dei pianeti, cominciando dal Sole, è lo stesso, sia che noi li ordiniamo secondo la distanza, o secondo il tempo che essi impiegano a compiere la loro rivoluzione. Ma il rapporto tra le due serie, non è quello d'un semplice aumento *proporzionale*; le rivoluzioni crescono più celeremente delle distanze.

Così, per esempio, Nettuno è trenta volte più lontano dal Sole di noi. Moltiplicando due volte la cifra 30 per sè stessa, si ha il numero 270 000. Ora, la sua rivoluzione è di 165 anni, e questa cifra di 165 moltiplicata per sè stessa una volta riproduce anch'essa il numero 270 000 (in cifra tonda; per ottenere la cifra precisa, bisogna considerare le frazioni, perchè la rivoluzione di Nettuno non è precisamente di 165 anni). Lo stesso dicasi per tutti i pianeti, per tutti i satelliti, per tutti i corpi celesti.

Facciamo il medesimo calcolo, ma precisissimo, per un altro pianeta, per esempio, Marte. L'anno terrestre sta all'anno di Marte nella proporzione di 365,2564 a 686,9796, e le distanze dal Sole sono nel rapporto di 100 000 a 152 369. Chi vuol prendersi la briga di far il calcolo, troverà:

$$\frac{(365{,}2564)^2}{(686{,}9796)^2} = \frac{(100\,000)^3}{(152\,369)^3}$$

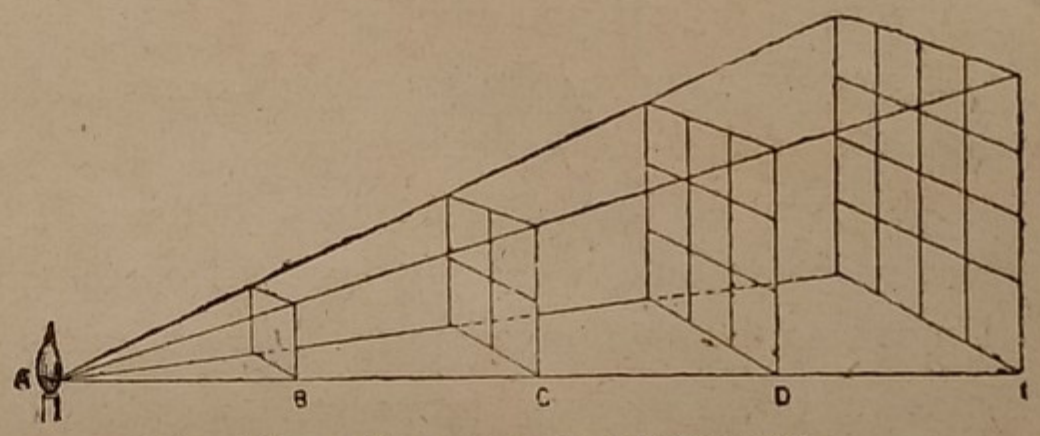


Fig. 114. — Decrescimento dell' intensità in ragione del quadrato della distanza.

Così sono regolate le rivoluzioni dei pianeti attorno al Sole. Più i mondi sono lontani, meno rapido è il movimento loro, e ciò secondo una proporzione matematica. A queste tre leggi, che portano a giusto titolo il nome di Keplero che le ha scoperte, noi possiamo qui aggiungere una quarta proposizione che le completa e le spiega: la legge dell'attrazione o gravitazione universale, scoperta da Newton dopo i lavori di Keplero.

La materia attrae la materia in ragione diretta delle masse e in ragione inversa del quadrato delle distanze.

Che questa attrazione sia una virtù reale insita nella materia, o solamente un'apparenza che spiega i movimenti celesti, sta il fatto che le cose hanno

---

Il cubo s' indica con un 3. Il cubo di 10 si scrive 10^3.

La radice si indica col segno $\sqrt{}$ che viene dalla lettera *r* abbreviazione della parola.

Il segno dell'addizione, *più*, si scrive +; quello della sottrazione, *meno*, si scrive —; quello della moltiplicazione, *moltiplicato per*, si scrive ×; quello della divisione è una lineetta tra i due numeri scritti l'uno al disopra dell'altro: $\frac{12}{8}$

Molte persone intelligenti e anche di vivace ingegno si sgomentano delle matematiche; non c'è nulla di così semplice, di così chiaro.

luogo come se la materia fosse dotata della proprietà occulta d'attirarsi a distanza. Questa attrazione decresce in ragione del quadrato della distanza, vale a dire in modo che più questa aumenta, più l'attrazione diminuisce, e ciò, non in una ragione semplice, ma in proporzione della distanza moltiplicata per sè stessa. Un corpo due volte più lontano è quattro volte meno attratto; un corpo tre volte più lontano è attratto nove volte meno. Questa proporzione del quadrato della distanza la si indicherà a prima vista guardando la piccola fig. 114 in cui si suppone la luce di una candela ricevuta sopra uno schermo successivamente allontanato ad una distanza doppia, tripla e quadrupla; si vede facilmente che alla distanza *C*, doppia di *B*, la luce, che prima cadeva tutta sul piccolo quadretto, illumina uno spazio, o quadrato quattro volte maggiore, sicchè sopra un quadretto eguale al primo non arriva che un quarto di quella luce; alla distanza *D*, occorre un quadrato nove volte più grande per ricevere tutto il cono luminoso, cosicchè un quadretto eguale al primo non riceve evidentemente che un nono della luce che riceveva nella posizione *B*, e così via dicendo.

E possibile che questa attrazione non sia che un'apparenza dovuta alla pressione del *fluido etereo* che riempie lo spazio preteso vacuo.

Noi non conosciamo l'essenza della causa di cui osserviamo gli effetti. D'altra parte questa gravitazione dei corpi celesti gli uni verso gli altri regola il movimento ma non lo *crea*. Bisogna pertanto ammettere questo movimento dei pianeti sia dovuto, senza dubbio, alla loro primordiale separazione dalla nebulosa solare.

Tutto si riduce, in ultima analisi, a due cause o a due forze. L'una di queste forze non è altro che la gravità o la gravitazione; è la tendenza che due corpi, due astri, hanno a riunirsi, tendenza che è proporzionale alle loro masse rispettive e che varia in ragione inversa dei quadrati delle loro distanze. E la gravità che fa cadere i corpi sulla superficie terrestre e che costituisce la loro pressione o il loro peso. Se esistesse solamente la gravitazione, la Luna si unirebbe alla Terra, le loro masse riunite cadrebbero con una velocità crescente nel Sole stesso, e lo stesso accadrebbe anche di tutti gli altri corpi che compondono il mondo. Da tempo immemorabile l'universo non sarebbe che un immobile mucchio di ruine.

Ma, oltre a questa forza centrale di gravitazione, v'è un'altra forza da cui ciascun pianeta è animato , e che, sola, lo farebbe sfuggire in linea dritta lungo la tangente. Si fu combinando queste due forze e cercando colla geometria e coll'analisi di determinare il movimento reale risultante dalla loro azione simultanea e costante, che Newton ha dimostrato come le leggi di questo movimento siano conformi a quelle che Keplero era giunto a scoprire. Può essere che non vi sia che del *movimento*, e che le forze con le quali lo spie-

ghiamo decomponendolo, non esistano che nella nostra mente. La prima cosa per noi è di constatare la realtà dei fatti, e di sapere esattamente come succedono. La teoria viene dopo. Questa teoria stessa è certa ed oggidì perfettamente dimostrata. Ma l'assenza stessa della forza (qualunque essa sia) che agisce, resta ancora nascosta per noi nel mistero delle cause.

Tali sono le leggi che regolano i movimenti dei mondi. Fa senza dubbio mestieri d'una seria attenzione per ben comprenderle, ma si vede che esse non sono nè oscure, nè equivoche. Si sente dire sovente che gli scritti scientifici non possono raggiungere la chiarezza e l'eleganza degli scritti puramente letterarî; tuttavia, nulla di più bello di un'equazione. Non sarà difficile di trovare nei migliori autori letterarî degli esempî di filastrocche che invano tenterebbesi di imitare in matematica. Per esempio, nessuno contesta il genio di Corneille. E tuttavia, chi potrebbe vantarsi d'afferrar bene il senso della dichiarazione seguente di Tito a Berenice:

Faut-il mourir, Madame, et si proche du terme
Votre illustre inconstance est-elle encore si ferme
Que les restes d'un feu que j'avais cru si fort
Puissent dans quatre jours se promettre ma mort!

Ripetetene la lettura se vi aggrada, per ben apprezzare il profondo pensiero dell'autore. L'attore Baron, non sapendo in qual tono egli dovesse pronunciare la fine della frase, chiese consiglio a Molière, che lavorò a cercarla inutilmente, lo rinviò egli stesso a Corneille. « Come, — disse l' illustre autore del *Cid*, — siete voi ben sicuro che io abbia scritto ciò?... » Egli si mise allora a rivolgere questi quattro versi in tutti i sensi, e finì col restituirglieli dicendo: « In fede mia, io non so più precisamente ciò che ho voluto dire, ma recitateli *nobilmente;* se alcuno non li intenderà li ammirerà. »

Si dice che il famoso vescovo di Belley, Camus, essendo in Ispagna, e non potendo giungere a capire un sonetto di Lopez de Vega, che viveva allora, pregò questo poeta di spiegarglielo, ma l'autore avendo letto e riletto molte volte il suo sonetto, confessò sinceramente *che egli stesso non ne capiva proprio nulla.*

La scienza la più ardita non arriverà mai a simili eccessi. Le sue più sublimi scoperte possono essere esposte con semplicità, e lo sguardo di chicchessia aperto allo spettacolo della natura può intenderne la grandezza.

Noi abbiamo non ha guari assistito ai movimenti dei pianeti gravitanti intorno al Sole; ma il sistema solare non è solamente composto di questo astro, dei pianeti e dei satelliti; non bisogna dimenticare le comete, che si muovono del pari seguendo le leggi precedenti, e di cui un gran numero descrivono delle orbite molto allungate, portando il loro afelio molto al di là dell'orbita di Nettuno. La cometa di Halley s'allontana sino a 35 volte la distanza della

Terra (Nettuno gravita a 30, come abbiamo veduto), cioè fino a 1300 milioni di leghe dal Sole; la cometa del 1811 spinge il suo volo più di dieci volte al di là, fino a quindici miliardi di leghe; la cometa del 1860 s'allontana ad una distanza ancora più di due volte maggiore della precedente: il suo afelio giace a *trentadue miliardi* di leghe dal Sole, e a questa spaventevole distanza, che il suono impiegherebbe dodicimila anni a percorrere, essa sente ancora la voce del Sole, essa subisce ancora la sua influenza magnetica, s'arresta in seno alla notte agghiacciata dello spazio, e ritorna verso l'astro che l'attira, descrivendo intorno a lui questo volo allungato e obliquo che essa impiega 88 secoli a percorrere! L'influenza attrattiva del Sole s'arresta essa là? No. Essa s'estende attraverso l'infinito, nè cede se non allor-

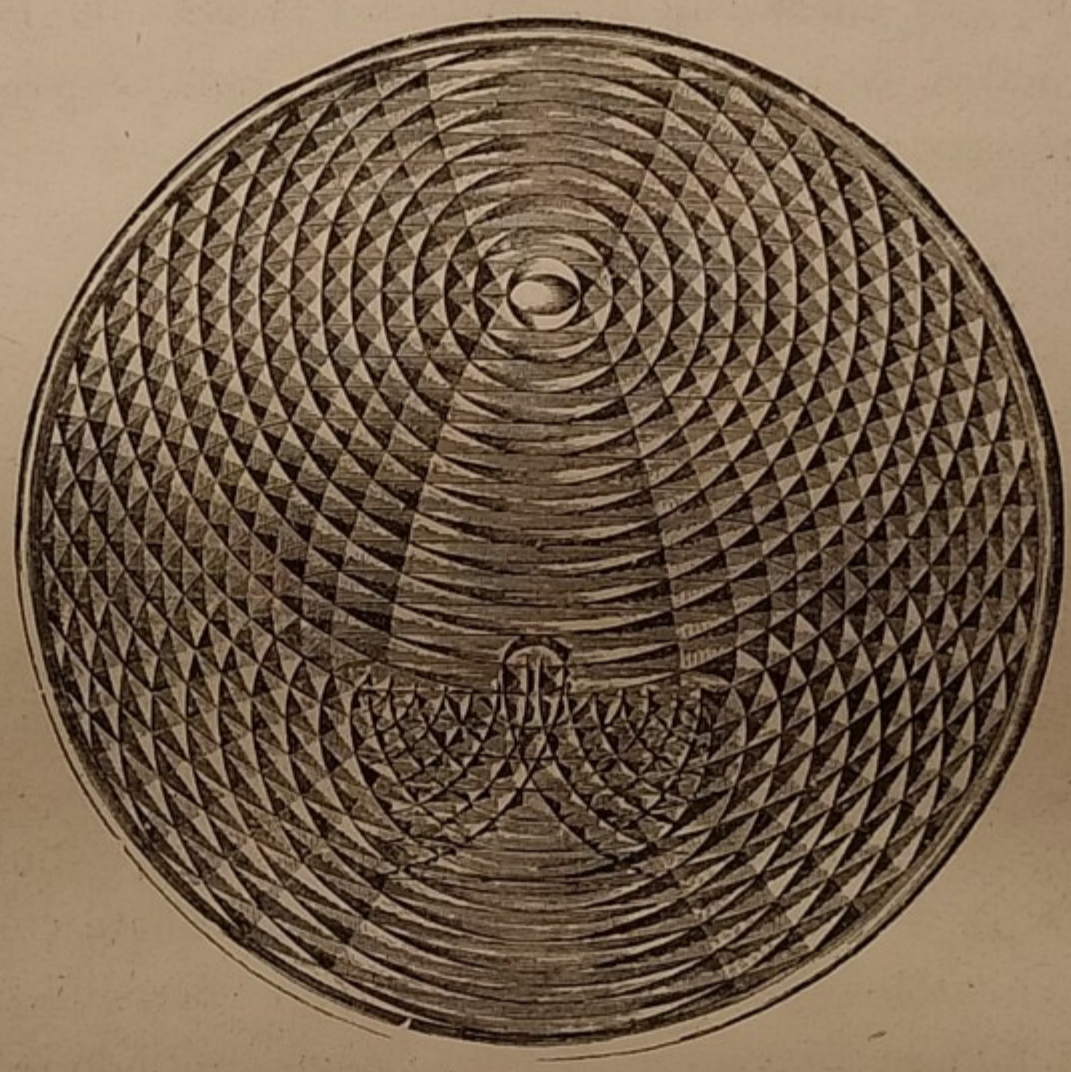


Fig. 115. — Armonia delle ondulazioni.

quando si entra nella sfera d'attrazione di un altro sole, non ad alcuni miliardi di leghe da qui, ma a migliaja di miliardi, o a trilioni...

Ciascuna stella, ciascun sole dell'infinito governa così intorno a sè, entro sfere i cui limiti si incrociano, i mondi diversi che gravitano nella sua luce e nell'àmbito della sua potenza. E gli innumerevoli soli che popolano l'immensità si sostengono mutuamente fra essi sopra la rete della gravitazione universale.

Immensa e maestosa armonia dei mondi! Un movimento universale trascina gli astri, atomi dell'infinito. La Luna gravita attorno alla Terra, la Terra gravita attorno al Sole, il Sole porta tutti i suoi pianeti e i loro satelliti verso la costellazione d'Ercole, e questi movimenti si eseguiscono secondo leggi determinate, come la lancetta dell'orologio che gira intorno al suo centro.

e alla guisa di quelle onde circolari che si sviluppano alla superficie d'un'acqua tranquilla un cui punto è stato colpito. È un'armonia universale, che l'orecchio fisico non può intendere, come supponeva Pitagora, ma che l'orecchio intellettuale deve comprendere. Che cosa è la musica stessa, che ci culla vagamente sulle sue ali serafiche, e trasporta così facilmente le nostre anime in quelle regioni eteree dell'ideale dove si dimenticano le catene della materia? Che cosa sono le sonore modulazioni dell'organo, i soavi tremolìi dell'archetto sul violino, i nervosi languori della chitarra, o l'incanto che ancor più ci rapisce della voce umana, che accoppia i trasporti della vita ai caldi colori dell'armonia? Che è ciò, se non un movimento ondulatorio dell'aria, così foggiato da giungere fino all'anima in fondo al cervello e penetrarla di emozioni di un ordine spéciale? Quando gli accenti guerrieri dell'ardente *Marsigliese* trasportando nel fuoco della mischia i battaglioni entusiasmati, o quando sotto la vôlta gotica il doloroso *Stabat* piange le sue meste lagrime,

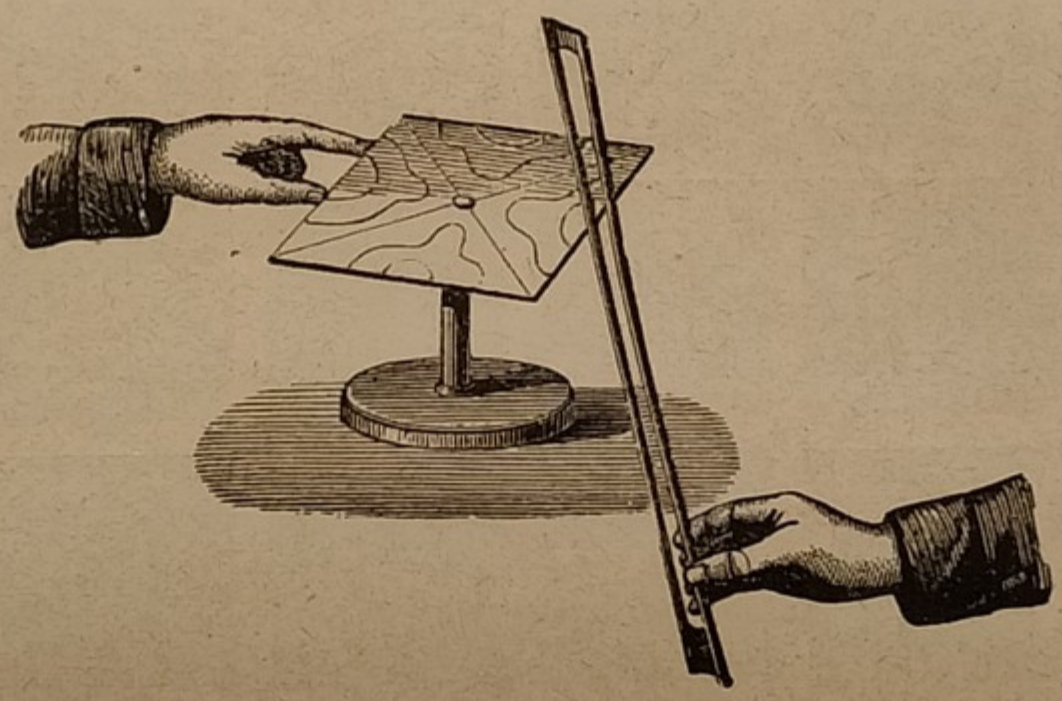


Fig. 116. — Esperienza della lastra vibrante.

è ancor la vibrazione che ci compenetra parlandoci un misterioso linguaggio. Ora, tutto nella natura è movimento, vibrazione, armonia. I fiori del giardino cantano, e l'effetto che essi producono dipende dal numero e dall'accordo delle loro vibrazioni relativamente a quelle che emanano dalla natura circostante. Nella luce violetta, gli atomi dell'etere oscillano con la rapidità singolare di 740 mila miliardi di vibrazioni per secondo; la luce rossa, più lenta, è prodotta dalle ondulazioni vibranti ancora in ragione di 380 mila miliardi per secondo. Il colore violetto è, nell'ordine della luce, ciò che sono le note più acute nell'ordine del suono, e il color rosso rappresenta i toni più bassi. Come si vede un oggetto nuotante sull'acqua obbedire docilmente alle onde che arrivano da diverse parti, così l'atomo etereo ondula sotto l'influenza della luce e del calore, così l'atomo d'aria ondeggia sotto l'influenza del suono, così il pianeta ed il satellite circolano sotto l'influenza della gravitazione.

L'armonia è ovunque. Per l'occhio d'una persona famigliarizzata con i prin-

cipî, nulla è più interessante dell'incrociamento delle onde dell'acqua. A cagione della loro interferenza, la superficie d'intersezione è qualche volta talmente suddivisa, da formar un bel mosaico agitato da movimenti ritmici, specie di musica visibile. Allorquando le onde sono abilmente prodotte alla superficie d'un disco di mercurio, e si rischiara questo disco con un fascio di luce intensa, questa luce, riflessa sopra uno schermo, rivela i movimenti armoniosi della superficie. La forma del vaso determina la forma delle figure prodotte. Sopra un disco circolare, per esempio, la perturbazione si propaga sotto forma d'onde circolari producendo il magnifico intreccio rappresentato

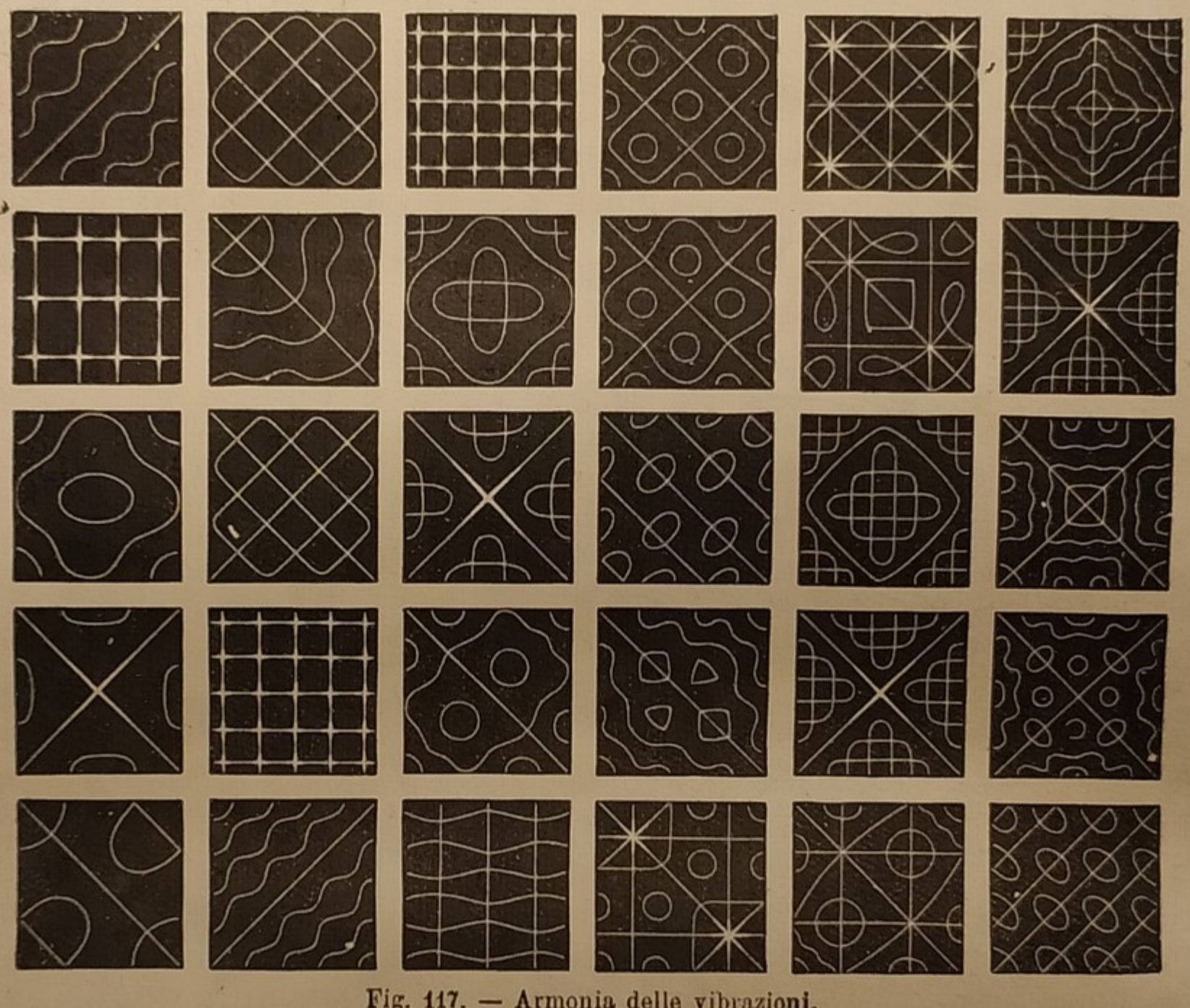


Fig. 117. — Armonia delle vibrazioni.

nella fig. 115. La luce riflessa con una simile superficie dà un disegno di una bellezza straordinaria. Allorquando il mercurio viene leggermente agitato colla punta di un ago in una direzione concentrica al contorno del vaso, le linee della luce girano in tondo, sotto forma di fili contorti intrecciantisi e rivelantisi gli uni gli altri in modo meraviglioso. Le cause più comuni producono gli effetti più squisiti.

Le ondulazioni del suono possono essere tradotte per l'occhio in figure non meno armoniose, non meno aggradevoli della precedente. Prendiamo, a esempio di Chladni, una lastra di vetro, o una sottile lastra di rame, e cospargiamola di sabbia fina (fig. 116). Ammorziamola in due punti di uno dei suoi bordi

con due dita della mano sinistra, e passiamo l'archetto sul mezzo del lato opposto. Noi vedremo la sabbia traballare, gettarsi su certe parti della superficie secondo i suoni ottenuti, e disegnare la figura qui riprodotta. Variando l'esperienza, si ottengono così quegli stupendi disegni che appajono subitamente, al comando di un abile esperimentatore.

Le note della scala non sono, del resto, altra cosa che dei rapporti di numeri tra le vibrazioni sonore. Combinati secondo un certo ordine, questi numeri danno l'accordo perfetto; qui, il tono maggiore ci solleva e ci tras-

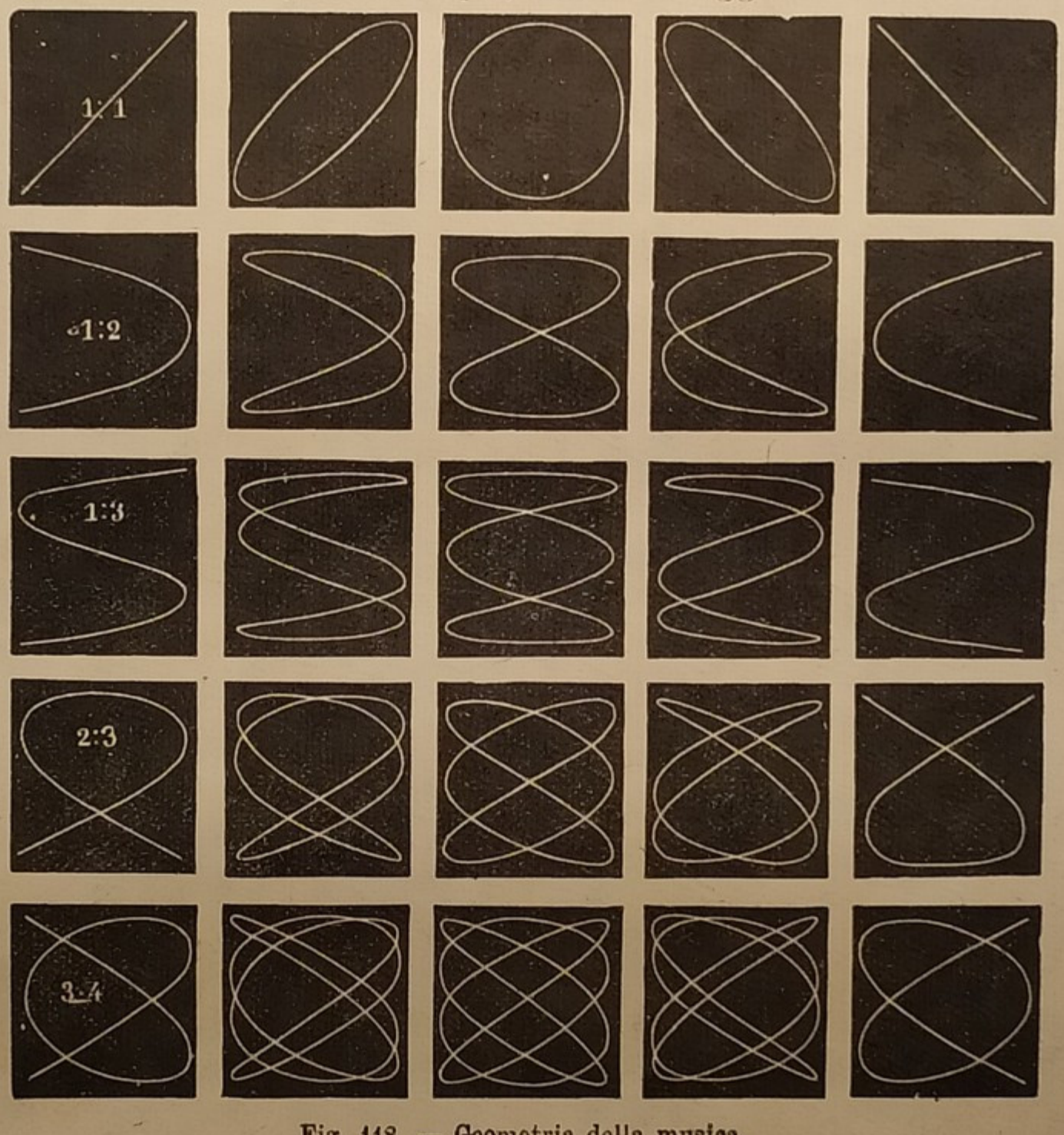


Fig. 118. — Geometria della musica.

porta; là il tono minore ci intenerisce e ci piomba in una melanconica meditazione.

E non è tuttavia che quistione di cifre! V'ha di meglio ancora: questi suoni noi possiamo non solamente udirli, ma eziandio vederli.

Facciamo vibrare due coristi con l'ingegnoso metodo di Lissajous, l'uno verticale, l'altro orizzontale, muniti di piccoli specchî che riflettono un punto luminoso sopra uno schermo. Se i due coristi sono d'accordo e danno esattamente la stessa nota, la combinazione delle due vibrazioni rese visibili sullo schermo dai piccoli specchî che ve li tracciano in linee di luce, produce un circolo perfetto, cioè la figura geometrica la più semplice; a misura che l'am-

piezza delle vibrazioni diminuisce, il cerchio si comprime, diventa ellisse, poi linea retta.

E la prima fila della nostra fig. 118, nella quale il numero delle vibrazioni è nel rapporto assolutamente semplice di 1 a 1.

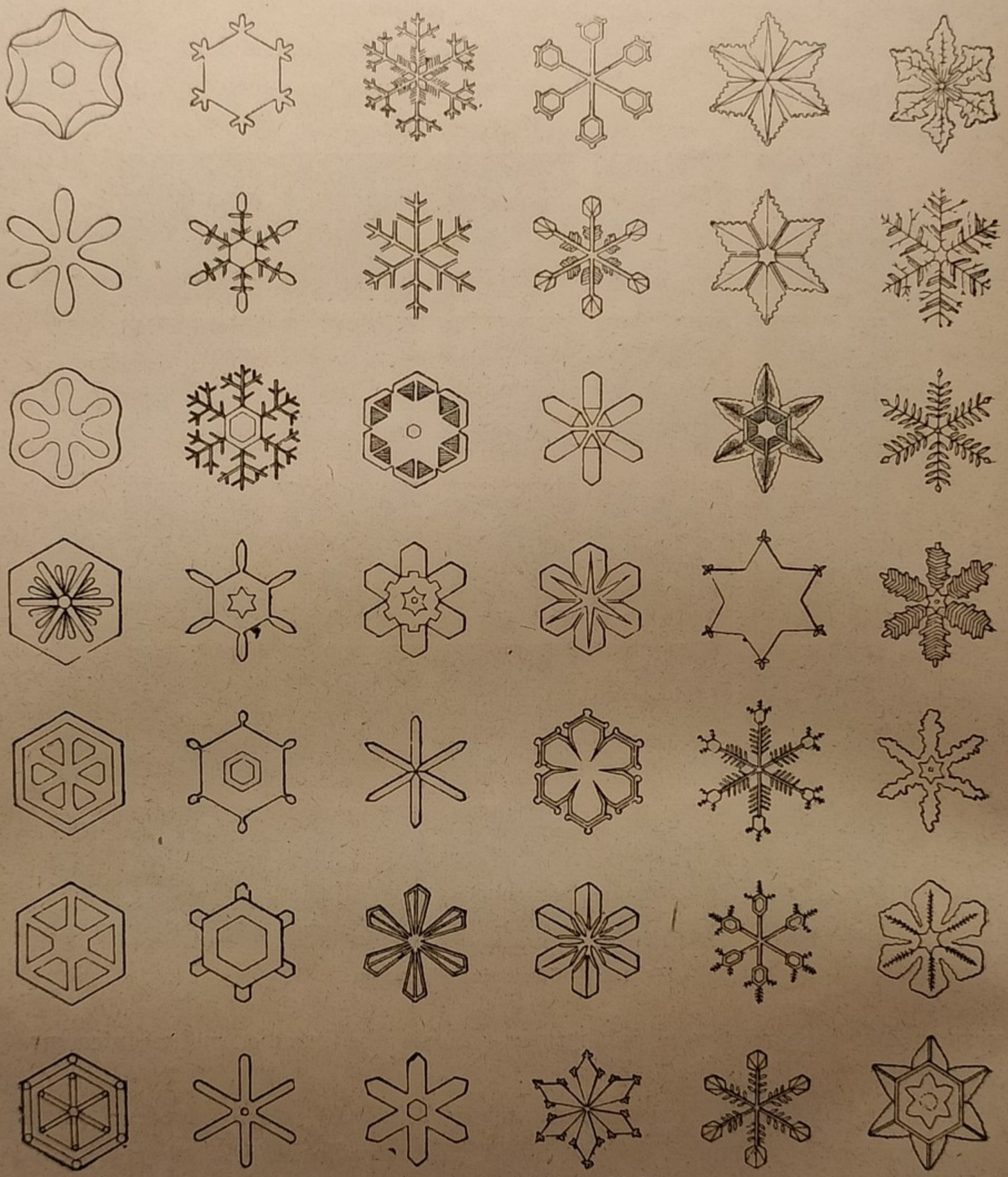


Fig. 119. — La geometria dei fiocchi di neve.

Se ora l'uno dei due diapason è esattamente all'ottava dell'altro, le vibrazioni sono nel rapporto di 1 a 2, perchè una qualunque nota ha per ottava un numero di vibrazioni precisamente doppio, e, in luogo del cerchio, si forma un 8 che quindi si modifica, come si vede nella seconda fila. Se noi pren-

diamo la combinazione di due toni da 1 a 3, sia il *do* col *sol* dell'ottava superiore, noi otteniamo le figure della terza fila. Se combiniamo 2 a 3, come *do* e *sol* della stessa ottava, noi produciamo quelle della quarta fila. L'unione di 3 a 4, di *sol* col *do* superiore, dà la quinta serie. Ciò che vi ha di più curioso, è che, nelle figure complete (quelle nel mezzo di ciascuna serie), il numero dei vertici nel senso verticale e nel senso orizzontale indica da sè stesso il rapporto delle vibrazioni dei due coristi. Sì, in tutto, dappertutto, i numeri regolano il mondo.

Del resto, perchè cercare nell'analisi scientifica le testimonianze dell'armonia che la natura ha sparso in tutte le sue opere?

Non è necessario di elevarci all'ideale della musica, di contemplare i bei colori del cielo o la magnificenza d'un tramonto di sole; noi possiamo nella più triste giornata d'inverno, nelle ore grigie e monotone in cui la neve cade a grandi fiocchi, guardare col microscopio qualcuno di quei fiocchi, e alla bellezza geometrica di quei leggieri cristalli saremo compresi d'ammirazione (fig. 119). Come diceva Pitagora: « Dio fece dovunque della geometria: ΑΕΙ Ο ΘΕΟΣ ΤΕΩΜΕΤΡΕΙ ».

CAPITOLO II.

Misura della distanza del Sole.
Risultati concordanti di sei metodi differenti. — I passaggi di Venere.
Come si è misurato e pesato il Sole.

Tutti i dati numerici da noi fin qui esposti sulla grandezza e sulla massa del Sole, sulla sua distanza e sulle dimensioni del sistema solare, sono stabiliti dietro la misura della distanza del Sole dalla Terra.

È veramente il *metro* del sistema del mondo e l'unità di misura dell'uni-

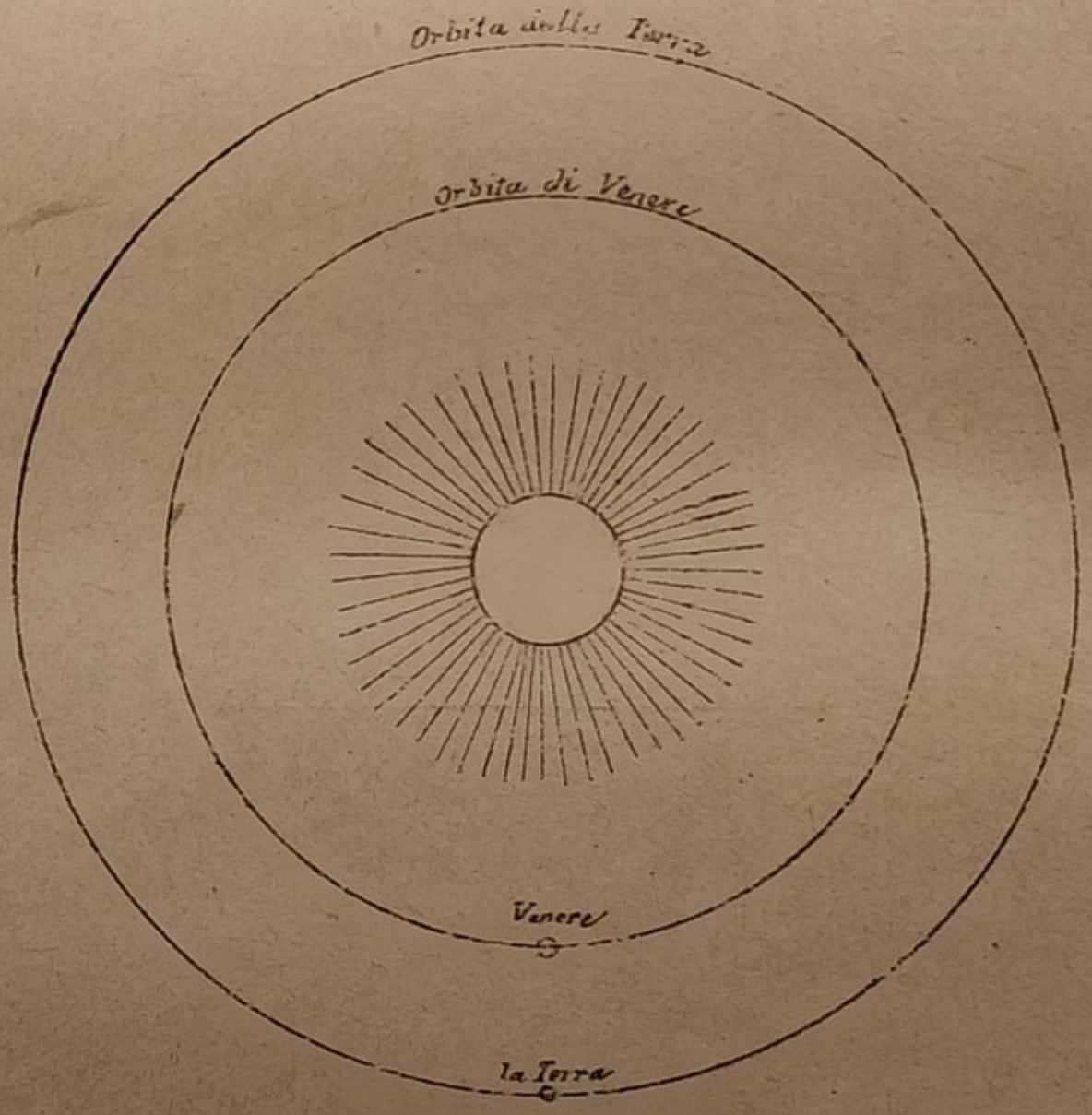


Fig. 120. — Orbite di Venere e della Terra intorno al Sole.

verso siderale medesimo. Le proporzioni relative dei movimenti e delle distanze enunciate nel capitolo precedente rimangono le stesse, è vero, qualunque siano le distanze assolute; ma queste distanze assolute, che hanno pure la loro importanza per noi, non possono essere conosciute se la misura che serve di base a tutte le altre, non è essa stessa esattamente determinata. Noi

sappiamo, per esempio, che la distanza dell' ultimo pianeta del nostro sistema, Nettuno, è trenta volte quella della Terra dal Sole; e noi *sappiamo* anche che quella della stella più vicina a noi misura 222 000 volte la stessa unità; ma noi non conosceremo la distanza assoluta, se non avremo prima determinata questa unità colla maggior precisione. È dunque naturale che gli astronomi diano una grande importanza a questa precisa determinazione.

Noi abbiamo veduto (pagina 110) in qual modo si è proceduto per determinare la distanza della Luna. Se si volesse servire del medesimo metodo d'osservazione per determinare la distanza del Sole, non vi si arriverebbe. Questa distanza è troppo grande. Il diametro intiero della Terra non gli è paragonabile e non basterebbe a formare la base di un triangolo. Supponiamo che si conducano da due estremità diametralmente opposte del globo terrestre due linee che mettano capo al centro del Sole; queste due linee si toccherebbero lungo tutto il loro tracciato, chè il diametro della Terra non è che un punto relativamente alla immensa lunghezza di quelle linee. Non vi sarebbe adunque il triangolo, e perciò nessuna misura possibile.

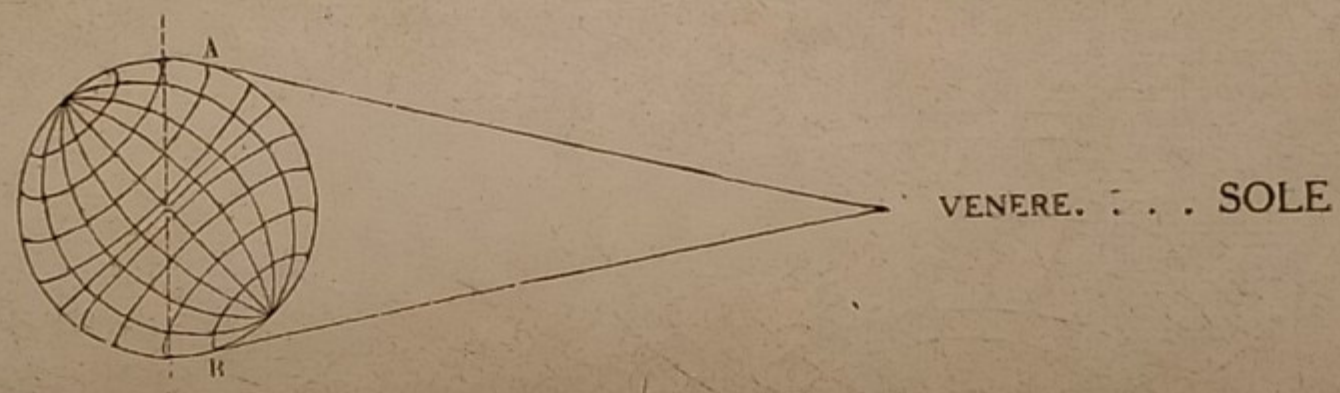


Fig. 121. — Inclinazione della Terra negli istanti dei passaggi di Venere dinanzi al Sole.

Di qui all'astro del giorno si può contare quasi dodicimila volte il diametro della Terra! È come se si pretendesse di costruire un triangolo prendendo per base una linea di un millimetro soltanto di lunghezza, da ciascuna estremità della quale si conducessero due linee rette, fino a un punto situato a dodici metri di distanza. Si vede che queste due linee sarebbero quasi parallele, e che i due angoli che esse formerebbero alla base del triangolo sarebbero veramente due angoli retti.

Si è adunque dovuto girar la difficoltà, ed è ciò che ha fatto l'astronomo Halley nello scorso secolo, proponendo d' impiegare per questa misura i passaggi di Venere sul disco solare. Noi abbiamo già veduto che Venere è più vicina al Sole di noi, e circola attorno all'astro centrale lungo un'orbita inferiore alla nostra. È ciò che si intenderà esattamente dalla figura 120 in cui le due orbite sono state tracciate colla scala di un millimetro per un milione di leghe. Ora quando Venere passa precisamente tra il Sole e la Terra, due osservatori situati alle due estremità del nostro globo non la vedono projet-

tarsi sullo stesso punto del Sole; la differenza dei due punti conduce alla conoscenza d'un angolo che dà la distanza del Sole.

Supponiamo che due osservatori sieno situati alle due estremità del diametro terrestre, ciascuno d'essi vedrà Venere eseguire un cammino differente dinanzi al Sole. È questo è un giuoco di prospettiva. Stendendo la mano e alzandone l'indice verticalmente, si nasconderà tale oggetto se chiudiamo l'occhio sinistro e guardiamo col destro, e ci nasconderà invece un altro oggetto se chiudendo l'occhio destro guardiamo col sinistro. Per l'occhio destro il nostro dito si projetterà a sinistra, per l'occhio sinistro esso si projetterà a destra. La differenza delle due projezioni dipende dalla distanza alla quale noi mettiamo il nostro dito. In questo paragone famigliare, di cui domando

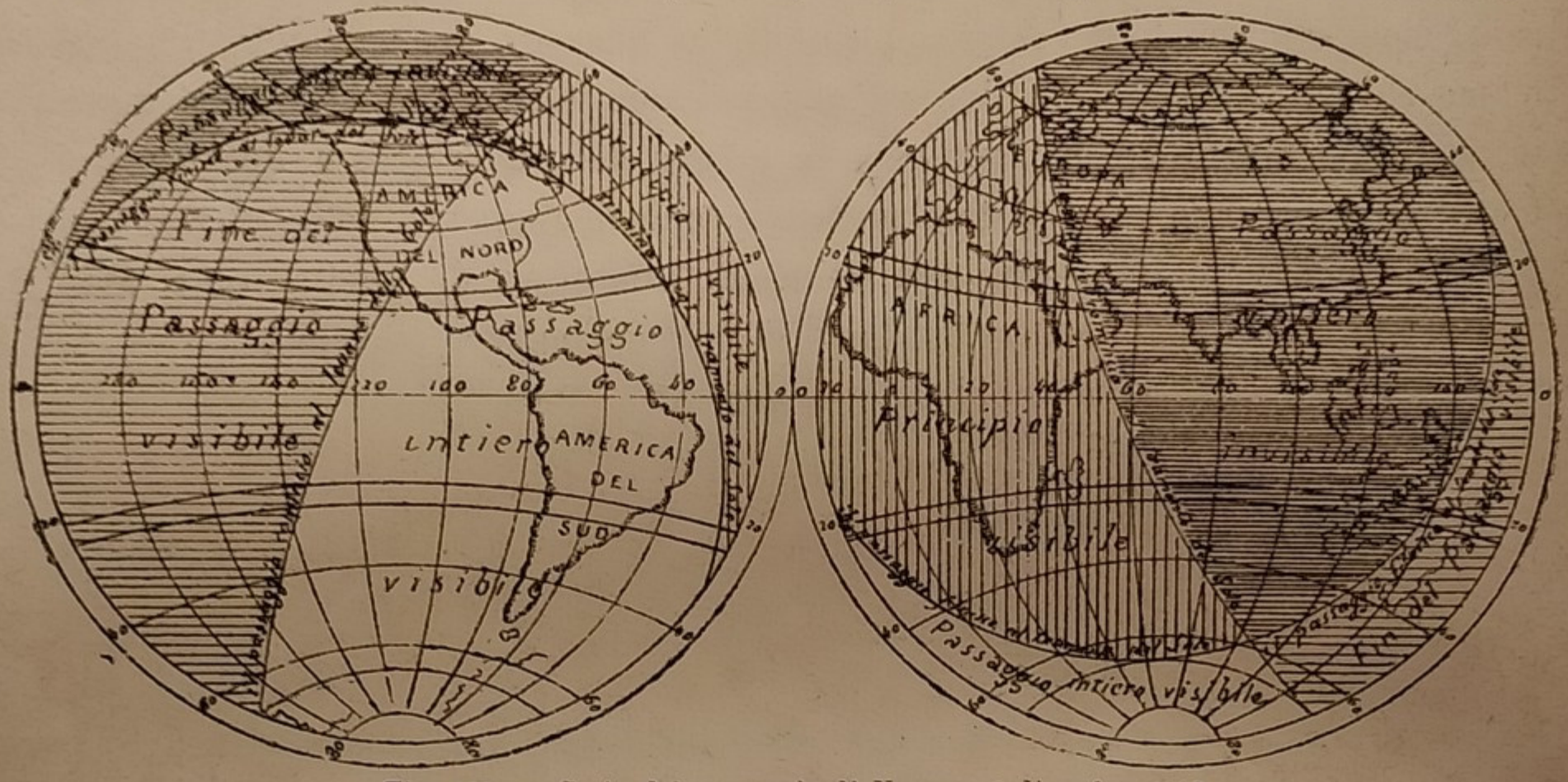


Fig 122. — Carta del passaggio di Venere: 6 dicembre 1882.

umilmente scusa al lettore, la distanza che separa le nostre due retine rappresenta il diametro della Terra; le nostre due retine sono i nostri due osservatori; il nostro indice rappresenta Venere stessa, e le due projezioni del nostro dito rappresentano i posti differenti ai quali gli astronomi vedranno il pianeta sulla superficie del Sole. Affinchè il paragone sia completo, sarà meglio in luogo di stendere il dito, di tenere uno spillo a testa grossa ad una certa distanza dall'occhio, in modo che la sua testa si projetti sopra un disco di carta situato a parecchî metri di distanza, poi far muovere la testa dello spillo davanti al disco, guardandola successivamente coll'uno e coll'altro occhio (1).

---

(1) Entriamo in qualche dettaglio sopra questo importante metodo.

Consideriamo per un istante le posizioni rispettive del Sole, di Venere e della Terra nello spazio, all'ora del passaggio. Due osservatori, A e B, situati sulla superficie della Terra, più lontani che sia possibile l'uno dall'altro, osservano Venere; per ciascun d'essi, come noi abbiamo veduto, essa si projetta sopra un punto differente V_1 e V_2 della superficie del Sole. Uniamo questi due punti con una linea retta. Questa linea misura la distanza che li separa l'uno dall'altro sul Sole. Pertanto da questi punti conduciamo due rette che

Fig. 123. — Carta per il passaggio di Venere sul Sole l'8 dicembre 1874.

Fig. 123. — Carta per il passaggio di Venere sul Sole l'8 dicembre 1874.

La combinazione del movimento della Terra e del movimento di Venere nelle loro rispettive orbite fa sì che Venere non possa passare davanti al Sole che ad intervalli, che possono chiamarsi singolari, di 8 anni e di 113 anni e mezzo più o meno otto anni. Così vi fu un passaggio nel mese di dicembre 1631; il secondo ha avuto luogo otto anni dopo, nel dicembre 1639. Quello che seguì dopo ebbe luogo nel mese di giugno 1761, cioè 113 anni e mezzo, *più* otto anni, o 121 anni e mezzo dopo l'ultimo. Il successivo ebbe luogo otto anni dopo, nel giugno 1769. Pertanto, per ottenere la data del nuovo passaggio, bisogna aggiungere alla data precedente 113 anni e mezzo *meno* otto anni, ossia 105 anni e mezzo, ciò che porta al dicembre 1874. È l'ultimo passaggio. Quello che gli succederà avverrà otto anni più tardi, nel dicembre 1882.

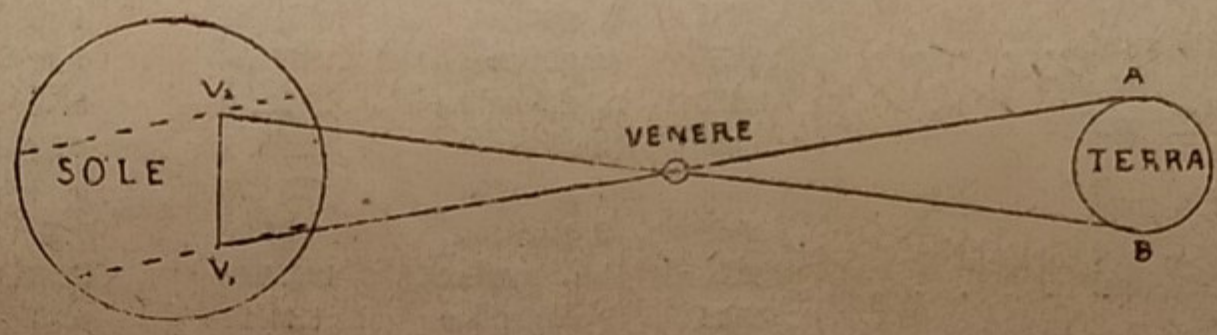
---

passando per Venere vadano a terminare a ciascuno degli osservatori terrestri. Abbiamo così costruito due triangoli.

Il primo di questi triangoli ha la sua base sul Sole, formata dalla linea di congiunzione dei due punti. I suoi due altri lati vanno da quei due punti a Venere, vertice del triangolo.

Il secondo triangolo ha egualmente il suo vertice in Venere, ma è situato in senso opposto al precedente. I suoi due lati maggiori vanno da Venere alla Terra, in luogo d'andare da Venere al Sole. Il suo terzo lato o base è formato dalla linea che congiunge i due osservatori terrestri *A* e *B*.

In questi due triangoli la distanza rettilinea che separa i due osservatori terrestri è conosciuta poichè si conoscono oggidì le dimensioni della Terra. La terza legge di Keplero dimostra d'altra parte che i lati dei due triangoli stanno tra essi in un certo rapporto determinato, il quale è uguale a 0,37 pel triangolo che ha la sua base sulla Terra. La distanza rettilinea che separa i due osservatori terrestri è $^{37}/_{100}$ della linea V_1 V_2 che riunisce i due punti della projezione di Venere sul disco solare. Il problema si riduce adunque a misurare questa linea di congiunzione più esattamente che sia possibile. Supponiamo che la si-



trovi eguale a 48 secondi d'arco. Questo valore proverebbe che il diametro della Terra, veduto alla distanza del Sole, misura 48'' × 0,37, cioè 17'', 76. È precisamente la cifra cercata.

La parallasse del Sole non è dunque altra cosa se non la dimensione angolare sotto cui si vedrebbe la Terra alla distanza del Sole. Che cosa è un secondo d'arco? È la grandezza apparente d'un metro o d'un oggetto qualunque, a 206 265 volte la sua lunghezza. Un oggetto che è veduto sotto un angolo di 17'',76, è dunque lontano dall'osservatore d'una quantità eguale al numero che ho trascritto, diviso per 17,76. Se dunque la Terra, veduta dal Sole, sottende un angolo di 17'',76 gli è che la distanza da qui al Sole è di $\frac{206\,265}{17\,76}$, cioè, di 11 614 volte il diametro della Terra.

In luogo del diametro intero della Terra, si esprime il valore precedente col mezzo diametro o raggio, cio che del resto non cambia nulla alle proporzioni. Se la cifra precedente che io ho scelta per maggiore semplicità, fosse esatta, la paralasse del Sole si esprimerebbe dunque colla cifra 8'',88, angolo sotto cui si vedrebbe dal Sole il raggio della Terra.

Tale è il metodo di triangolazione proposto dall'astronomo inglese Halley, per la misura della distanza del Sole. Egli ne ha avuto l'idea nell'età di 22 anni, nel 1678, ma non lo pubblicò che nell'anno 1691. Indicandolo come un eccellente mezzo di ottenere la paralasse del Sole, l'illustre astronomo sapeva bene tuttavia che non poteva, secondo tutte le probabilità, farne uso egli stesso, e che senza dubbio da molto tempo egli avrebbe cessato di vivere quando il momento d'impiegarlo sarebbe venuto (1761). Egli lo raccomandò tuttavia con soddisfazione, preoccupandosi ben più d'essere utile agli uomini dopo d'essersi per sempre accommiatato da essi, che d'inviare dei melanconici rimproveri alla vita umana, troppo corta per permettergli di contemplare il fenomeno del quale egli pel primo aveva scoperta l'importanza.

In seguito noi non ne avremo più se non dopo un nuovo intervallo di 113 anni e mezzo *più* otto anni, ovvero 121 anni e mezzo, cioè non prima del mese di giugno dell'anno 2004, il quale sarà seguìto otto anni dopo da quello del mese di giugno dell'anno 2012, e così di seguito. — Un altro periodo, di 235 anni, riconduce del pari certi passaggi. — Siccome questi fenomeni non cadono che in giugno e dicembre, la Terra è allora molto inclinata, e due osservatori *A* e *B* (fig. 121, pag. 279), possono osservarlo da due meridiani opposti, avendo il polo tra essi.

Ecco le date dei passaggi avvenuti dopo l'invenzione dei cannocchiali fino al XXX secolo della nostra èra od almeno fino a quell'epoca, perchè non si sa se l'èra cristiana, che è già vecchia di diciannove secoli, durerà fino allora: le opinioni umane sono tanto mutabili!

PASSAGGI DI VENERE, DAL DICIASSETTESIMO SECOLO AL TRENTESIMO.

			Fase centrale. contata da mezzodì. h. m. s	Durata. h. m.
	1631	6 dicembre	17.28.49	3.10
	1639	4 dicembre	6. 9.40	6 34
	1761	5 giugno	17.44.34	6.16
235 anni	1769	3 giugno	10. 7.54	4. 0
	1874	8 dicembre	16.16. 6	4.11
235 anni	1882	6 dicembre	4.25.44	5.57
	2004	7 giugno	21. 0.44	5 30
235 anni	2012	5 giugno	13.27. 0	6 42
	2117	10 dicembre	15. 6.37	4 46
235 anni	2125	8 dicembre	3.18.40	5.37
	2247	11 giugno	0.50.23	4 16
235 anni	2255	8 giugno	16.53.56	7.12
	2360	12 dicembre	13.59. 9	5 25
235 anni	2368	10 dicembre	2.10. 2	4 59
	2490	12 giugno	3.58.35	2. 4
235 anni	2498	9 giuguo	20 21. 2	7.33
	2603	15 dicembre	12.54.16	5.53
235 anni	2611	13 dicembre	1.11.12	4.30
	2733	15 giugno	7.23.56	corta
235 anni	2741	12 giugno	23.43.59	7.46
	2846	16 dicembre	11.53.15	6.14
235 anni	2854	14 dicembre	0.13.29	3.48
	2976	17 giugno	19.23.30	molto corta
	2984	14 giugno	3. 2.22	7.52

Si vede che gli astronomi non si lasciano prendere alla sprovvista. L'Astronomia è del resto la sola scienza che goda del privilegio di leggere nell'avvenire come nel passato, ed essa ne approfitta per sè.

I dettagli speciali del prossimo passaggio, del 6 dicembre 1882, sono già calcolati con precisione, e le migliori stazioni d'osservazione sono preventivamente determinate. Esso sarà visibile in Francia e in Italia (1). — Le condizioni stesse del passaggio del 7 giugno dell'anno 2004 e del 5 giugno del-

(1) Il 6 dicembre infatti, all'Osservatorio astronomico di Milano si è potuto « in un buco che si aprì fra le nuvole » osservare " secondo contatto, che dei due osservabili era il solo che si potesse osservare con precisione. IL TRAD.

l'anno 2012 furono discusse e determinate, e si potrebbe quasi dire che le diverse Commissioni sono pronte a partire — astrazion fatta dei nomi degli astronomi che le comporranno.

L'ultimo passaggio, quello dell' 8 dicembre 1874, è stato osservato da Commissioni scientifiche speciali inviate da tutte le nazioni su differenti punti del globo dove il fenomeno doveva essere visibile. La Francia aveva formato sei missioni distribuite metà su ciascun emisfero, e situate a Nangasaki (Giappone), a Pekino (Cina), a Saigon (Cocincina), a Numea (Nuova Caledonia), all'isola San Paolo e all' isola Campbell (Grande Oceano meridionale). I capi delle missioni francesi erano i signori Janssen, Fleuriais, Héraud, André, Mouchez e Bouquet de la Grye. L' Inghilterra aveva appostato degli osservatori nelle Indie, in Egitto, in Persia, in Siria, nella Cina, nel Giappone, al Capo di Buona Speranza, in Australia, in Tasmania, a Giava e fino alle isole Sandwich. Gli Americani si erano distribuiti in Siberia, nella Cina, nel Giappone, nella Nuova Zelanda, alle isole Chatam e Kerguelen, e in Tasmania. L'Italia aveva inviati quattro osservatori al Bengala. La Germania era rappresentata in Persia, in Egitto, nella Cina, nella Nuova Zelanda, nelle isole Auckland, Kerguelen e Maurizio. La Russia aveva scaglionato i suoi astronomi lungo tutto il suo immenso territorio, fino in Siberia e fino allo stretto di Behring.

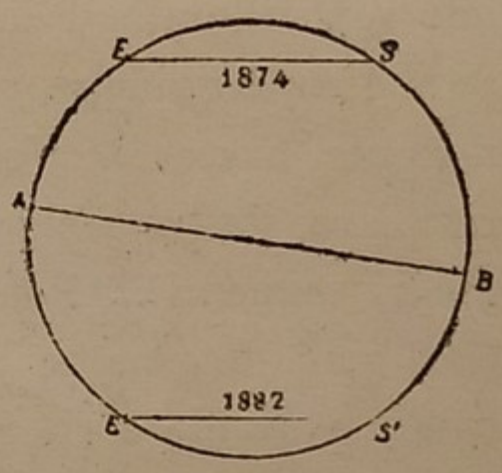


Fig. 125. — Corde descritte da Venere sul Sole nei due suoi passaggi di questo secolo.

Così, in quel giorno il nostro pianeta era cinto su tutto l'emisfero rischiarato dal Sole da una zona d'osservatori spianti con ansietà il passaggio del piccolo disco nero di Venere dinanzi al disco raggiante.

Si erano calcolati anticipatamente i luoghi geografici dove l'osservazione poteva esser fatta. Il planisfero terrestre si trova diviso in quattro fusoli rappresentati nel disegno a pag. 281. Il più sicuro a tratteggi orizzontali, rappresenta le plaghe nelle quali il passaggio, essendo avvenuto durante la notte, fu per conseguenza invisibile; si vede che da una parte l'Algeria, la Francia, la Spagna, l' Inghilterra, la Svezia e dall'altra le due Americhe erano in questo caso. La tinta bianca indica i luoghi dove l' intero passaggio del pianeta sul disco solare era visibile. Le due tinte chiare indicano: quella a sinistra, che attraversa l'Africa, le stazioni dove si doveva vedere l'uscita di Venere, ma non l'entrata; quella di destra quelle che dovevano vederne l'entrata e non l'uscita. Infine si nota al basso, a destra, un piccolo triangolo scuro, in cui si potevano vedere l'entrata e l'uscita, ma per cui il sole nell'intervallo tramontava.

Il tempo non ha favorito tutte le spedizioni, e molti dotti hanno avuto il dispiacere di far ritorno alla loro patria senza aver potuto nemmeno vedere il Sole, in causa d'una ostinata pioggia, mentre altri, pei quali il cielo fu più

benigno, ritornarono con una ricca collezione di misure e di fotografie, e ricevettero in ricompensa il titolo di Accademici.

Del resto, alla fine dello scorso secolo, Venere si era già fatta giuoco degli astronomi che le erano più devoti; ne faccia fede il contrattempo diventato leggendario di cui fu vittima quel povero Le Gentil, cui il nome almeno avrebbe dovuto proteggere dai rigori del crudel pianeta, ma che fu al contrario colpito da una serie di inattese disgrazie. Egli parte nel 1760 per osservare il passaggio del 1761; ma la guerra degli Inglesi nelle Indie gli impedisce d'arrivare; egli non può scendere a terra che *dopo* la data del passaggio.

Appassionato per l'astronomia, egli prende l'eroica decisione di fermarsi per otto anni a Pondichéry, per attendere il prossimo passaggio del 1769!... Siccome in questa stagione (giugno) il tempo è generalmente magnifico in quei paesi, egli non dubita di ottenere un successo meraviglioso, costruisce un osservatorio, impara la lingua del paese, colloca degli eccellenti strumenti, arriva il sospirato anno, il fortunato mese di maggio, e i primi giorni di giugno sono illuminati da uno splendido sole. Alla fine il cielo si copre, un temporale sopraggiunge *precisamente all'ora del passaggio,* il Sole resta ostinatamente nascosto, Venere passa, e, qualche minuto dopo l'uscita, il cielo si rischiara, l'astro sfolgorante brilla di nuovo e non cessa di mostrarsi tutti i giorni seguenti!... Non potendo, malgrado tutta la buona voglia, aspettare (105 anni di aspettazione!) il passaggio seguente del 1874, il povero astronomo si decide a ritornare in Francia, va a pericolo due volte di naufragare, e arrivando a Parigi, constata che la mancanza di sue notizie avendo fatto credere alla sua morte, egli è sostituito nel suo posto all'Accademia delle scienze... ed altrove... in un grado così completo che gli è persino vietato di rientrare in possesso della propria eredità avendo la giustizia deciso che egli era morto.

Egli finì poi col morire definitivamente!

Il confronto di tutte le osservazioni fatte durante l'ultimo passaggio ha dato per risultato della parallasse solare la cifra di 8″85. Tale è l'angolo sot teso dal semi-diametro terrestre veduto dal Sole.

In ricordo di questa importante misura, l'Istituto di Francia ha fatto coniare la medaglia commemorativa che qui riproduciamo (figura 126). La mitologia riappare per un istante sulla scena moderna. Venere passa davanti ad Apollo intanto che la Scienza osserva: « Col loro incontro gli astri ci fanno conoscere le distanze che li separano. » *Quo distent spatio sidera juncta docent.*

Questo metodo dei passaggi di Venere davanti al Sole, non è il solo che sia stato impiegato per calcolare la distanza dell'astro luminoso. Molti altri sono stati applicati alla medesima ricerca. I loro risultati si verificano mutuamente.

Ne diamo una rapida idea.

I primi due sono fondati sulla velocità della luce. Si sa che la luce impiega un certo tempo per trasmettersi da un punto ad un altro, e che per andare da Giove alla Terra essa impiega dagli 80 ai 40 minuti, a seconda della distanza del pianeta. Osservando le eclissi dei satelliti di Giove, si trova che vi sono sedici minuti di differenza tra il momento del fenomeno allorchè Giove si trova in congiunzione superiore col Sole e quando si trova in opposizione. La luce impiega adunque sedici minuti per attraversare il diametro dell'orbita terrestre, vale a dire la metà, ovvero otto minuti per venire a noi dal Sole, situato al centro. Ora, siccome i fisici francesi Foucault, Fizeau e Cornu hanno misurato direttamente questa velocità a Parigi, e poichè l'hanno

Fig. 126.

trovata eguale a 298 500 chilometri per secondo, hanno conchiuso che la distanza da qui al Sole è di circa 148 milioni di chilometri.

Un altro metodo può egualmente dare questa distanza; esso è pure fondato sulla velocità della luce. Un esempio famigliare ce lo farà subito intendere. Supponiamo di trovarci sotto una pioggia verticale; se siamo fermi, noi teniamo il nostro ombrello verticalmente; se camminiamo, noi l'inclineremo in avanti e, se poi corriamo, l'inclineremo ancor più. Il grado d'inclinazione del nostro ombrello dipenderà dal rapporto della velocità del nostro cammino con quella delle goccie di pioggia. Si osserva il medesimo effetto in ferrovia guardando le linee oblique che la pioggia traccia sugli sportelli, e la cui obliquità è la risultante del movimento del treno combinato colla caduta delle goccie. Il medesimo effetto si produce per la luce. I raggi di luce scendono dalle stelle attraverso lo spazio; la Terra si muove con grande velocità e noi

siamo obbligati di inclinare i nostri telescopi nella direzione verso la quale la Terra si muove; è il fenomeno dell'aberrazione della luce, il quale mostra che la velocità della Terra è eguale ad 1 millesimo di quella della luce. Si può dunque da ciò indurre col calcolo che la velocità della Terra è di trenta chilometri al secondo; e si può altresì calcolare la lunghezza dell'orbita, percorsa in 355 giorni, e finalmente trovare il diametro di quest'orbita, la cui metà è precisamente la distanza del Sole.

Un quarto metodo è fornito dai moti della Luna. La regolarità del movimento mensile del nostro satellite è disturbata dall'attrazione del Sole; ora, siccome l'attrazione varia in ragione inversa del quadrato della distanza, si capisce che analizzando scrupolosamente l'azione del Sole sulla Luna si può arrivare a conoscere la distanza del Sole. È ciò che hanno fatto Laplace e Hansen.

Un quinto metodo può dedursi dalle masse dei pianeti i cui movimenti sono intimamente collegati alla massa del Sole e alla sua distanza. Le influenze planetarie producono delle perturbazioni che rendonsi sensibili alle osservazioni; allorchè le masse sono state determinate da un metodo indipendente, la grandezza delle perturbazioni fa conoscere le distanze. Questo calcolo fu fatto da Le Verrier.

Un sesto metodo è offerto dall'osservazione di Marte, e da quella dei piccoli pianeti esteriori alla Terra. Questi pianeti passano davanti a stelle lontane, situate per così dire ad una distanza infinita dietro di essi, e se si osservano le loro posizioni da due paesi della Terra, molto lontani l'uno dall'altro, essi si projettano in due punti differenti (come Venere pel Sole); lo scostamento angolare di questi due punti fa conoscere la distanza dalla Terra a Marte o ad altri pianeti impiegati. Si è esaminato Marte minutamente sotto questo punto di vista, nel 1832, 1862 e 1877, nonchè i piccoli pianeti Flora nel 1874 e Giunone nel 1877.

Tutte queste misure concordano con precisione rimarchevole, avuto riguardo alla difficoltà di così fatte osservazioni.

Ecco i risultati principali:

Dal passaggio di Venere nel 1769	8''91
» » nel 1874	8 85
Dalla velocità della luce	8 86
Dalla aberrazione della luce	8 80
Dal movimento della Luna.	8 85
Dalle masse dei pianeti	8 86
Dalla opposizione di Marte, Flora, ecc.	8 86

Si vede che i decimi sono concordi, e che l'incertezza cade solo sui centesimi. La media la più sicura (8''86) significa che, veduto dal Sole, il semi-diametro della Terra si riduce a quest'angolo, o il suo diametro ad un angolo di 17''.72. È come una palla di dieci centimetri di larghezza posta a 1660 metri dal-

l'occhio. Riferendoci alla piccola tavola degli angoli riferita più indietro (pag. 110), si calcola facilmente che questa parallasse corrisponde ad una distanza di 16 600 volte il diametro della Terra, cioè, in cifra tonda, a 148 milioni di chilometri.

Questa è la misura *della distanza del Sole.* Non vi è qui nulla di romanzesco, nessun lavoro d'imaginazione; sono fatti incontestabili, per qualsivoglia intelligenza di buona fede che voglia esaminare da sè stessa la loro origine e la loro natura. Il risultato non è perciò meno maraviglioso.

Così, se si gettasse un ponte nello spazio, da qui al Sole, e si facessero gli archi di questo viadotto di una corda larga come la Terra, la lunghezza totale di questo ponte etereo sarebbe composta di 16 600 di questi archi successivi! O, altrimenti, bisognerebbe una fila di 16 600 Terre per formare la base del ponte in questione.

Come rappresentarci codesta distanza che ci separa dall'astro del giorno?

Un mezzo per riuscirvi sarebbe di supporre che un mobile, una palla da cannone, per esempio, fosse lanciata da qui al Sole, di seguirla col pensiero e di *sentire* il tempo che essa impiega nell'attraversare questa distanza. Proviamo. Esploso con una carica di 6 chilogrammi di polvere, un così fatto projettile si muove con una velocità di 500 metri nel primo minuto secondo. Se esso conservasse questa velocità uniforme fino al Sole, gli bisognerebbe volare in linea retta... *nove anni e otto mesi* per arrivarvi.

Noi vedremo fra breve che il Sole è la sede di esplosioni e di conflagrazioni spaventevoli. Se lo spazio compreso tra quest'astro e la Terra potesse trasmettere un suono colla velocità ordinaria di propagazione di 340 m. (1) per secondo, occorrerebbero allo scuotimento sonoro... 13 anni e 9 mesi per superare questa distanza. Dovrebbero dunque passare quasi 14 anni dall'esplosione solare che avrebbe dato origine a quel rumore, perchè questo venisse a percuotere il timpano del nostro orecchio.

Un convoglio ferroviario misurerà probabilmente questa distanza sotto una forma ancor più sensibile. Supponiamo o imaginiamo adunque una ferrovia che vada in linea retta da qui all'astro centrale. Ebbene! un convoglio espresso viaggiante colla velocità costante di sessanta chilometri all'ora, ossia

---

(1) A proposito della velocità del suono paragonata a quella d'una palla, si è letto in parecchie opere che allorquando si è udito l'esplosione d'una bocca da fuoco non si ha più a temere il projettile, perchè questo corre più veloce che il suono. Ciò è un errore di cui tutti i Parigini, fra gli altri, avrebbero potuto disingannarsi facilmente durante l'assedio del 1870.

Stando sulle fortificazioni si poteva « divertirsi » a guardare i pezzi del coscienzioso bombardamento prussiano stabiliti a Meudon; si vedeva il fuoco, si udiva il colpo, e si aveva il tempo di coricarsi col ventre a terra, prima di udire l'obice passare al disopra della testa. In fatto, la velocità del projettile diminuisce di secondo in secondo, mentre che quella del suono resta costante, e l'obice non tarda ad andare meno presto del suono. Se si è sufficientemente lontani, la palla non arriva se non dopo aver avuta la bontà di farsi annunciare.

di un chilometro per minuto, impiegherebbe 148 milioni di minuti per arrivare al Sole, cioè 97 222 giorni, o 266 anni. Partendo il primo gennajo 1880 egli non terminerebbe la sua corsa che nell'anno 2146. In ragione della durata media della nostra vita la spedizione siderale non arriverebbe al suo scopo che alla settima generazione, e soltanto la quattordicesima potrebbe recarci « notizia » di ciò che il trisavolo del suo bisavolo avrebbe veduto!.. Un viaggiatore partito con questa velocità nell' anno 1614, sotto Luigi XIII sarebbe oggi arrivato da poco.

Ora che noi conosciamo la distanza del Sole, nulla è più facile che calcolarne le dimensioni effettive, col sussidio di quelle apparenti, precisamente come abbiamo fatto per la Luna. Abbiamo veduto che il diametro della Terra visto dal Sole è di 17″ 72. D'altra parte, il diametro del Sole veduto dalla Terra è di 32′ 4″; cioè, in secondi, di 1924″. Tale è dunque, semplicemente, il rapporto dei due diametri. Dividendo l'ultimo numero pel primo, si trova che esso lo contiene 108 volte e mezza (108,55). È dunque *dimostrato* con ciò che il diametro reale del Sole, misura 108 volte e mezza 12 732 chilometri, cioè 1 381 400 chilometri — che la sua circonferenza misura 4 350 000 chilometri o più di un milione di leghe, — che la sua superficie oltrepassa di dodicimila volte quella del nostro globo e presenta una distesa di sei milioni di milioni di chilometri quadrati — e che il suo volume, 1 279 000 volte più considerevole di quello della Terra, vale 1 390 050 trilioni di chilometri cubi, ovvero:

1 390 050 000 000 000 000.

Poichè il diametro del Sole è di 345 500 leghe, vi sono 172 750 leghe dal suo centro alla superficie. Ora, non vi sono che 96 000 leghe da qui alla Luna. Se dunque si mettesse la Terra al centro del Sele, come un piccolo nocciuolo nel mezzo d' un frutto colossale, la Luna girerebbe nell' interno del globo solare, e la distanza della Luna non rappresenterebbe guari più della metà della distanza dal centro alla superficie solare; dall'orbita lunare a raggiungere questa superficie, resterebbero ancora 76 750 leghe da percorrere!

L'imaginazione la più attiva non arriva a formarsi una giusta idea della differenza di volume tra il Sole e la Terra. Un paragone già molte volte citato non manca d'eloquenza. Si ammetta che in un litro di frumento vi sieno diecimila grani. La misura di capacità chiamata decalitro contiene pertanto centomila grani, e dieci decalitri o un ettolitro ne contiene un milione. Se dunque si fa un mucchio di tredici decalitri di grano e si prende uno di questi grani, si avrà in cifra tonda la differenza prodigiosa di volume che passa tra il Sole e la Terra. Un globo uguale al nostro di più o di meno nel Sole

è cosa insignificante. Ma si concepisce questo volume di 1 279 000 grani di frumento, quando si consideri che ciascuno di questi grani misura in realtà mille miliardi di chilometri cubi!

Giove è 1390 volte più grosso della Terra. Saturno, Nettuno, Urano, sono ben superiori in volume al nostro mondo. Tuttavia se si riunissero insieme tutti i pianeti e tutti i satelliti, non si formerebbe ancora che un volume 600 volte più piccolo di quello del Sole solo.

Ognuno ha ben ragione di meravigliarsi di siffatta grandezza. Ebbene, la scienza non è meno ammirabile nell'infinitamente piccolo che nell'infinitamente grande. Il calcolo prova che non vi sono più chilometri cubi nel Sole che non vi siano atomi in una testa di spillo!... Infatti, il corpo di certi infusorî veduti al microscopio, è compreso fra due divisioni di un millimetro diviso in mille parti eguali, e misura per conseguenza in grossezza al massimo un millesimo di millimetro. Questo piccolo essere vede, cammina, sente, è munito d'apparecchî di locomozione che esigono dei muscoli e dei nervi (molti hanno persino 120 stomachi!) Portando il suo diametro a un metro, la supposizione la più moderata che noi possiamo fare è che le molecole che costituiscono il suo corpo abbiano un millimetro di diametro, e che in queste molecole non vi sieno meno di dieci distanze d'atomi costitutivi. Si può adunque conchiudere con Gaudin, per la distanza degli atomi, un diecimilionesimo di millimetro. Ne risulta che il numero di atomi contenuti in un frammento di materia della grossezza d'una testa di spillo di 2 millimetri sarebbe rappresentato dal cubo di 20 milioni, ovvero dalla cifra 8 seguita da 21 zeri:

8 000 000 000 000 000 000 000.

Di maniera che se si volessero contare i numeri degli atomi metallici contenuti in una testa di spillo, distaccandone col pensiero un miliardo al secondo, occorrerebbero non meno di *duecentocinquantamila anni* per giungere a contarli tutti!

La natura è immensa nel piccolo come nel grande; o, per parlare più esattamente, non vi ha per essa nè piccolo nè grande.

Ma la scienza non ha solamente misurato il Sole; essa lo ha ancora pesato. La nostra legittima curiosità ci spinge qui a porre questa questione non meno ardente della precedente: *Come si può pesare il Sole?*

Questa spiegazione è un po' più difficile da « popolarizzare; » perciò la si passa generalmente sotto silenzio. Vi bisogneranno almeno cinque minuti di attenzione sostenuta per poterla intendere bene... cinque minuti! ciò è un nulla nella vita; è enorme per gli spiriti superficiali che preferiscono Offenbach a Beethoven. Alcuni fisiologi poco galanti assicurano che il cervello della donna pesa 124 grammi meno di quello dell'uomo, dacchè il primo non

pesa che 1210 grammi e il secondo 1334 (si tratta qui delle Francesi e dei Francesi). Vi vorranno adunque, mie care lettrici, sei minuti d'attenzione.

Noi abbiamo veduto più indietro, a proposito della Luna, che la gravità e l'attrazione universale sono una sola e medesima forza, e che Newton ha scoperto questa identità calcolando quale distanza corre alla fine di un secondo, tra l'estremità di una linea retta che la Luna percorrerebbe se essa non fosse attratta dalla Terra, e l'estremità della linea curva che essa realmente descrive in causa della nostra influenza attrattiva. Questa distanza, che è solamente di un millimetro $^1/_3$, rappresenta precisamente il cammino che farebbe in un secondo un corpo qualunque nella sua caduta verso la Terra, se lo si potesse trasportare a quella altezza e là abbandonarlo all'influenza della gravità. Se, per esempio, un angelo potesse afferrare un uomo pei capelli e sollevarlo all'altezza della Luna (si dice che Maometto abbia avuto questo piacere — senza dubbio in sogno), poi lasciarlo là e risalire al cielo, il nostro uomo ricadrebbe verso la Terra; ma, nel primo secondo della sua caduta, egli non cadrebbe che di $1^{mm}\ ^1/_3$ poi di 4 nel successivo secondo, di $6\ ^2/_3$ nel terzo, di $9\ ^1/_3$ nel quarto e così di seguito.

Adoperando un procedimento analogo noi ci faremo a ricercare la massa attrattiva del Sole.

Se invece di portare una pietra alla distanza della Luna, a 96 000 leghe, noi la portiamo fino alla distanza del Sole, a 37 000 000 di quanto l'intensità della gravità terrestre sarà diminuita ad un così fatto allontanamento? La legge è la stessa dappertutto. La risposta è dunque che essa sarebbe diminuita in ragione del quadrato della distanza. Ora, questa distanza è di 23 200 volte il raggio della Terra; il quadrato di quel numero è 538 340 000; invece di essere $\frac{4\text{ m. }90}{3600}$, la caduta sarebbe di $\frac{4\text{ m. }90}{538\,240\,000}$, cioè così debole, che si può a mala pena esprimerla con una frazione intelligibile di millimetri. Sono 9 milionesimi di millimetro. Ecco la debole quantità di cui una pietra ricadrebbe verso Terra, se la si potesse trasportare a 37 milioni di leghe, e se non subisse l'influenza dell'attrazione di verun altro corpo celeste.

Ebbene! facciamo ora per la Terra quello che abbiamo fatto prima per la Luna. Tracciamo il cammino percorso in un secondo dal nostro pianeta nel suo corso annuo intorno al Sole, e vediamo quale differenza passa tra l'arco percorso e la linea retta che la Terra descriverebbe, se essa non fosse soggetta all'influenza attrattiva del Sole; questa differenza ci indica, come per la Luna, precisamente la quantità di cui il nostro pianeta cade in un secondo verso il Sole. La misura precisa da $2^{mm}\ 9$ (noi l'abbiamo già veduto a pag. 263).

Per conseguenza, l'attrazione del Sole sta a quella della Terra nel rapporto di 0^m, 0029 a 0^m, 000 000 009, o di 29 a 0^m, 00009, o come 29 sta a 9 centomillesimi. O detto altrimenti, l'attrazione del Sole 324 000 volte più

energica di quella della Terra. Abbiamo visto che l'attrazione è sviluppata dalla massa, ossia dal peso stesso dei corpi. *Noi sappiamo adunque, dopo ciò, matematicamente che il Sole pesa 324 000 volte più della Terra.* (1)

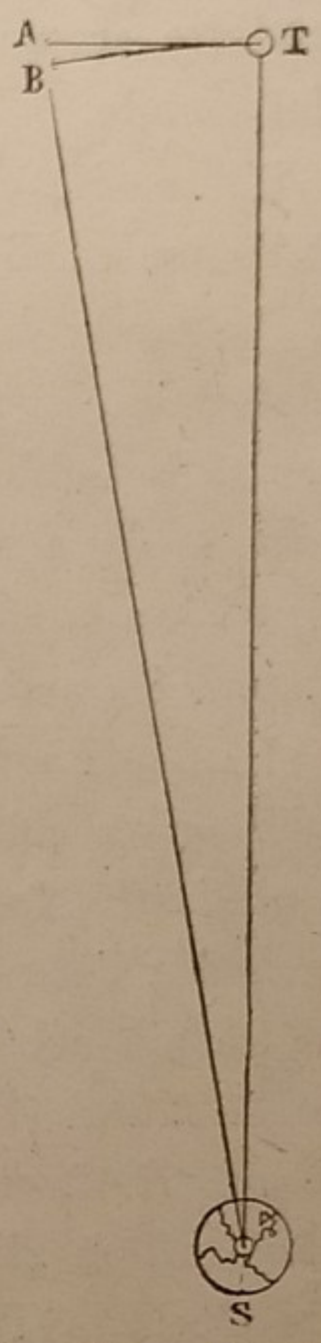


Fig. 127. — Misura dell'attrazione solare.

Poichè la Terra pesa 5875 sestilioni di chilogrammi, come abbiamo veduto, il Sole peserà 324 000 volte più, ossia 1900 octilioni, numero rappresentato da 1900 seguìto da 27 zeri, o, in cifra rotonda, *due nonilioni* di chilogrammi.

Tutto ciò, come ben appare, è della più grande semplicità. Il primo baccelliere venuto può oggi vantarsi di pesare il Sole — quando gli astronomi gli abbiano forniti gli elementi del calcolo. La distanza dell'astro essendo il primo di questi elementi, si capisce di quanta importanza sia per la scienza che essa sia conosciuta esattamente.

Poichè ora abbiamo determinato il volume e il peso del Sole, ci riesce facile di completare questi dati colla determinazione della sua densità. La densità di un corpo si deduce dal peso diviso pel volume. L'astro centrale del sistema solare essendo 1 279 000 volte più grosso della Terra, e solamente 324 000 volte più pesante, è molto meno denso del nostro globo; questa densità si esprime colla cifra 0,253, rappresentando con 1 quella del globo terrestre; è quanto dire che i materiali costituenti il Sole pesano circa i 25 centesimi o il quarto di quelli che compongono la massa terrestre.

Il Sole pesa un po' più d'un globo d'acqua di uguali dimensioni; esso ha presso a poco la densità del carbon fossile.

(1) Noi possiamo giungere al medesimo risultato con un altro metodo. Abbiamo veduto (pag. 267) che i pianeti circolano tanto meno veloci quanto più sono lontani dal Sole, e che la legge di questa diminuzione di velocità si enuncia dalla seguente formula: « I quadrati dei tempi delle rivoluzioni stanno tra loro come i cubi delle distanze. » O, con altre parole, un corpo situato 2 volte più lontano di un altro, circola in un periodo di tempo indicato dalla radice quadrata di 8 (cubo di 2); per un corpo 3 volte più lontano, il tempo della rivoluzione è dato dalla radice quadrata di 27 (cubo di 3); per un corpo 4 volte più distante, è data dalla radice quadrata di 64 (cubo di 4), e così di seguito. Volete indovinare, per esempio, in quanto tempo una luna situata ad una distanza doppia della nostra girerebbe intorno a noi? Il calcolo è facile: $2 \times 2 \times 2 = 8$; la radice quadrata di 8 è 2,84; dunque essa girerebbe 2,84 volte più lentamente, cioè in 77 giorni.

Per conoscere la differenza che v' ha tra l'attrazione della Terra e quella del Sole, bisogna adunque semplicemente cercare in quanto tempo girerebbe intorno a noi un corpo situato a 37 milioni di leghe. Ora, 37 milioni equivalgono a 385 volte la distanza della Luna. Facciamo il calcolo: $385 \times 385 \times 385 = 57\,066\,625$ a radice quadrata di questo numero è 7553: questa luna lontana girerebbe dunque intorno a noi 7553 volmeno velocemente della luna attuale, vale a dire in 206 330 giorni o 565 anni.

Se i pesi delle masse direttrici si giudicassero semplicemente dal tempo delle rivoluzioni, poichè la Terra non avrebbe la forza di far girare un satellite che in 565 anni, mentre che il Sole ha la forza di far girare la Terra in 1 anno (alla stessa distanza di 37 milioni di leghe), noi ne conchiuderemo subito che il Sole è semplicemente 565 volte più potente della Terra. Ma non sono i periodi semplici che bisogna paragonare, bensì questi periodi moltiplicati per sè stessi.

Moltiplicando dunque 565 per sè stesso, noi troviamo 320 000 quale rapporto approssimativo tra la massa del Sole e quella della Terra. Se avessimo tenuto conto di tutti i dettagli, noi avremmo trovato la stessa cifra di prima, o 324 000.

Un'ultima parola ancora sulla gravità alla superficie solare, e noi avremo studiato *ex professo* tutti gli elementi uranografici del focolare del sistema del mondo.

L'intensità o il valore della gravità, alla superficie di un globo si deduce dalla massa di questo globo e dal suo volume; essa dipende a un tempo e dalla massa del globo sulla cui superficie la si considera, e dal suo raggio, cioè dalla distanza che separa la superficie dal punto centrale in cui tutta la massa potrebbe essere concentrata senza che l'attrazione totale che essa esercita ne fosse sensibilmente alterata. Non è difficile il calcolare l'intensità della gravità alla superficie d'un mondo, quando si tenga conto di questi due elementi. Facciamo questo calcolo pel Sole.

L'intensità della gravità sulla Terra, essendo rappresentata con 1, quella che agisce sul Sole sarebbe rappresentata con 324 000, se il semidiametro di quest'astro fosse eguale a quello della Terra. Ma egli è 108 volte $^1/_2$ più grande; l'attrazione esercitata dal Sole sulla sua superficie è dunque 11 783 volte più debole di quello il sarebbe se il suo raggio fosse eguale a quello della Terra (11 783 è il quadrato di 108 55). Dividendo 324 000 per 11 783, si trova 27,47, cifra che esprime la gravità solare paragonata alla terrestre. Il Sole attrae gli oggetti alla sua superficie 27 volte più energicamente che non lo faccia la Terra. Questo stesso calcolo varrebbe per la ricerca del valore della gravità alla superficie di tutti i mondi. I risultati furono già esposti prima (pag. 144), a proposito della Luna.

CAPITOLO III.

La luce e il calore solare. — Stato della sua superficie.
Le sue macchie. — Sua rotazione.
Aspetti, forme e movimenti delle macchie solari.

« Già l'astro di Venere, Chasca, dà il segnale del mattino. Appena i suoi argentei fuochi scintillano sull'orizzonte, un fremito soave si fa sentire intorno al tempio. In breve, verso oriente, l'azzurro del cielo impallidisce, e dei fiotti di porpora e d'oro inondano le pianure del cielo. L'occhio attento degli Indiani osserva tutte quelle gradazioni, e la loro emozione cresce ad ogni nuova tinta... A un tratto la luce a grandi onde si slancia dall'orizzonte; l'astro che la diffonde si eleva nel cielo; s'apre il tempio, e il pontefice, in mezzo agli Incas e al coro delle sacre vergini, intuona l'inno solenne, cui migliaja di voci ripetono di monte in monte... »

Così parla Marmontel quando descrive la festa del Sole — divinità adorata dai popoli primitivi. Al ritorno dell'equinozio, il levar del Sole, dio del giorno, re della luce, era salutato dagli Incas dall'alto delle loro ciclopiche terrazze (fig. 129). La stessa adorazione, lo stesso culto si riscontrano in tutti i popoli antichi. Senza rendersi conto ancora della grandezza reale e della incomparabile importanza dello splendido astro, essi già sapevano ch'esso è il padre della natura terrestre, conoscevano che il suo calore mantiene la vita, fa crescere gli alberi della foresta, fa scorrere i ruscelli nella valle, fa sbocciare i fiori nella prateria, maturare i cereali e la vite, cantar gli uccelli nei boschi, e salutavano in lui il padre, il loro amico, il loro protettore.

La scienza moderna non ha fatto che confermare, decuplicare, centuplicare le previsioni antiche. La sua luce, il suo calore, la sua potenza sono tanto superiori alle idee antiche, quanto la poesia della natura sorpassa l'umana interpretazione. Nessuna luce che la scienza chimica possa inventare gli si può mettere a confronto. Posta innanzi al suo disco, la brillante luce elettrica sembra nera. Le temperature più alte dei nostri forni, quelle di fusione dell'oro, dell'argento, del platino, non sono che ghiaccio a paragone del calor solare. Gli astronomi della scuola di Pitagora, che s'imaginavano di dare un'alta idea dell'astro del giorno, valutando la sua distanza a 18 000 leghe, e

il suo diametro è 167 leghe, erano tanto lontani dal vero, quanto lo sarebbe una formica che si credesse della statura di un cavallo. E tuttavia stimar il Sole grande quanto il Peloponneso era cosa allora talmente ardita agli occhî dei conservatori classici e dottori ufficiali, che Anassagora, per aver osato sostenere questo principio di verità, fu oltraggiosamente perseguitato e condannato a morte! condanna che venne commutata nell'esiglio dietro preghiera di Pericle. Il processo di Galileo fu in tempi assai posteriori una ripetizione di quello di Anassagora.

L'azione luminosa e calorifica sopra di noi dell'astro del giorno essendo un

Fig. 128. — Il Sole, da una prova fotografica diretta.

fatto accertato dalla osservazione costante e universale, la questione che ci si presenta non è di chiederci se questa influenza sia reale, ma di determinare l'intensità di una causa che a tanta distanza produce ancora cotali effetti. Ma che sono le nostre temperature che in sostanza provengono tutte dal Sole, in paragone di quella del Sole stesso? Quella dell'ebollizione dell'acqua ci pare già enorme, e il nostro organismo vivente non può tollerarla.

Essa non rappresenta tuttavia che la scala ordinaria sulla quale sono graduati i nostri termometri. — L'acqua bolle a 100 gradi. Il solfo si fonde a 113 gradi, lo stagno a 235, il piombo a 335, l'argento a 954, l'oro a 1035, il ferro a 1500, il platino a 1775, l'iridio a 1950. I fornelli dei nostri laboratorî

Fig. 129. — Al ritorno dell'equinozio, il levar del sole, divinità del giorno, re della luce, era salutato dagli Incas dall'alto delle loro ciclopiche terrazze.

sono arrivati a produrre fino a 2500 e 3000 gradi di calore. Che cosa sono questi effetti a confronto dell'astro incandescente che, da una distanza di 148 milioni di chilometri, e soltanto con una quantità di calore due miliardi di volte meno intensa di quella che irradia in totalità, è ancor capace di riscaldare il nostro pianeta, che vive fecondato da quell'irraggiamento! La quantità di calore emessa dal Sole fu misurata da sir John Herschel al capo di Buona Speranza, e da Pouillet a Parigi.

È assai notevole l'accordo fra queste due serie di misure. Secondo le esperienze di Pouillet, riferite dal P. Secchi *(Le Soleil 1877)*, *un grammo* d'acqua occupante la superficie di *un centimetro quadrato*, esposto all' irraggiamento solare al limite superiore dell' atmosfera terrestre, si scalda in un minuto di 1°,763; di modo che codesto irraggiamento potrebbe elevare di 0°44075 uno strato di acqua alto 1 centimetro che coprisse tutto la Terra. Uno strato alto 1 metro, si scalderebbe in un anno di 2318°,55. Si può anche esprimere la quantità di calore che noi riceviamo dal Sole, considerando lo spessore di uno strato di ghiaccio ch'esso fonderebbe per esempio in un anno; questo spessore sarebbe di metri 30,89. Tenendo conto dell'altezza dell'atmosfera attraversata nelle varie ore, si trova che la quantità di calor solare assorbita dall'atmosfera vale quattro decimi dell' irradiamento totale diretto verso la Terra; di guisa che se l'atmosfera fosse tolta, l' emisfero illuminato riceverebbe quasi il doppio di calore. — (Dopo ciò possiamo valutare la quantità di calore emesso alla superficie stessa del Sole moltiplicando il valore precedente pel quadrato della distanza dal Sole alla Terra espressa in raggi del globo solare. Si trova così che questa quantità di calore può in un minuto inalzare di 816°,71 la temperatura di uno strato di acqua alto un metro, o fondere nello stesso tempo uno strato di ghiaccio di metri 10,7 di spessore). — E ancora, esso sarebbe capace di far passare la massa di un oceano d'acqua fresca, di 100 chilometri di profondità, da zero alla temperatura dell'acqua bollente (1).

Il Sole è la fonte potente da cui scaturiscono tutte le forze che mettono in moto la Terra e vi suscitano e mantengono la vita. È il suo calore che fa correre il vento, salire le nubi, scorrere il fiume, giganteggiar la foresta, maturare il frutto, e vivere l'uomo stesso. La forza continuamente e silenziosamente spesa per inalzare i serbatoî della pioggia nell' atmosfera alla loro altezza media, per fissare il carbonio nelle piante, per dare alla natura terrestre il suo vigore e la sua bellezza, potè esser calcolata dal punto di vista

---

(1) Concentrando questo calore col mezzo di un ingegnoso apparecchio, il signor Mouchot, son già molti anni, potè sostituire i raggi del Sole al volgar calore dei nostri fornelli, far cuocere il manzo, bollire il caffè, distillare dell'acquavite, ecc. Vi sono dei climi ove questi processi renderebbero inutili le cucine. L'industria dell'avvenire utilizzerà certamente i raggi solari.

meccanico; essa è uguale al lavoro di 217 trilioni e 316 miliardi di cavalli-vapore: cinquecentoquarantatrè miliardi di macchine a vapore della forza effettiva di 400 cavalli cadauna funzionanti senza tregua giorno e notte: ecco il lavoro permanente del Sole sulla Terra!

Noi non vi pensiamo; ma tutto ciò che si muove, circola, vive sul nostro pianeta, è figlio del Sole. Il vino generoso il cui trasparente color di rubino allegra le nostre mense, lo sciampagna che schiumeggia nei calici di cristallo, sono altrettanti raggi di Sole immagazzinati pei nostri gusti. I cibi più succulenti scendono dal sole. Il legno che ci scalda l'inverno, è ancora del Sole in pezzi; ogni decimetro cubo, ogni chilogrammo di legna è costrutto dalla mano del Sole. Il molino che gira, sotto l'impulso dell'acqua o del vento, non gira che per effetto del Sole. E nella notte oscura, sotto la pioggia o la neve, il rumoroso convoglio che fugge come serpe volante attraverso le campagne, scavalca le valli, si sprofonda nelle montagne, esce fischiando e si precipita negli scali, i cui occhî pallidi brillano silenziosamente attraverso la nebbia, in mezzo alla notte, e al freddo, questo animale moderno, generato dall' industria umana, è ancora un figlio del Sole; il carbon fossile che alimenta le sue viscere, è lavoro solare condensato e conservato da milioni di anni sotto gli strati geologici del globo. Quanto è certo che la forza che mette in moto l'orologio, viene dalla mano che l'ha montato, altrettanto è certo che ogni forza tellurica proviene dal Sole. In virtù del suo calorico si mantengono i tre stati dei corpi, solido, liquido e gasoso; se il calore solare non mantenesse allo stato di fluidi l'acqua e l'aria stessa, questi, al paro d'ogni altro corpo liquido o aeriforme, non sarebbero che blocchi massicci di materia. È il Sole, il Sole in persona, per così dire, che soffia nell'aria, che scorre nell'acqua, che geme nella tempesta, che canta nella gola instancabile dell'usignuolo. Esso attacca i ghiacciaî sulle alte valli dei monti e apre sui loro fianchi le sorgenti dei fiumi; e, per conseguenza, le cateratte, le valanghe si precipitano con una violenza che ricevono immediatamente da lui. Il tuono e il fulmine, il lampo, sono alla loro volta una manifestazione della sua potenza. Ogni fuoco che arde, ogni fiamma che splende hanno ricevuta la loro vita dal Sole. E allorchè due armate si cozzano con gran rimbombo, ogni carica di cavalleria, ogni urto fra due corpi d'esercito non sono altro che l'abuso della forza meccanica del medesimo astro. Il Sole viene a noi sotto la forma di calore, ci lascia sotto la forma di calore, ma fra il suo arrivo e la sua partenza, ha destate le svariate forze del nostro globo.

Presentate al nostro spirito sotto il loro vero aspetto, le scoperte e le generalizzazioni della scienza moderna costituiscono dunque il più sublime dei poemi che mai siasi offerto all' intelligenza e alla imaginazione dell' uomo. Il fisico dei nostri giorni, diremo con Tyndall, è continuamente a contatto

con un maraviglioso che farebbe impallidire quelli di Ariosto e di Milton, maraviglioso così grande e sublime, che quegli che vi s'abbondona ha bisogno di una certa forza di carattere per preservarsi dall'essere abbacinato.

Eppure tutto ciò è nulla, quasi nulla, a confronto della effettiva potenza del Sole! Lo stato liquido dell'oceano e lo stato gasoso dell'atmosfera; le correnti del mare, l'inalzamento delle nubi, le pioggie, i temporali, i ruscelli, i fiumi; il valore calorifico di tutte le foreste del globo, e di tutte le miniere di carbon fossile; l'agitarsi di tutti gli esseri umani; il calorico di tutta l'umanità; la potenza condensata in tutti i muscoli degli animali, in tutte le officine, in tutti i cannoni... tutto questo è pressochè niente a fronte di ciò di cui il Sole è capace. Abbiamo creduto di aver misurata la potenza solare enumerando gli effetti che essa produce sulla Terra? Errore! errore grandis-

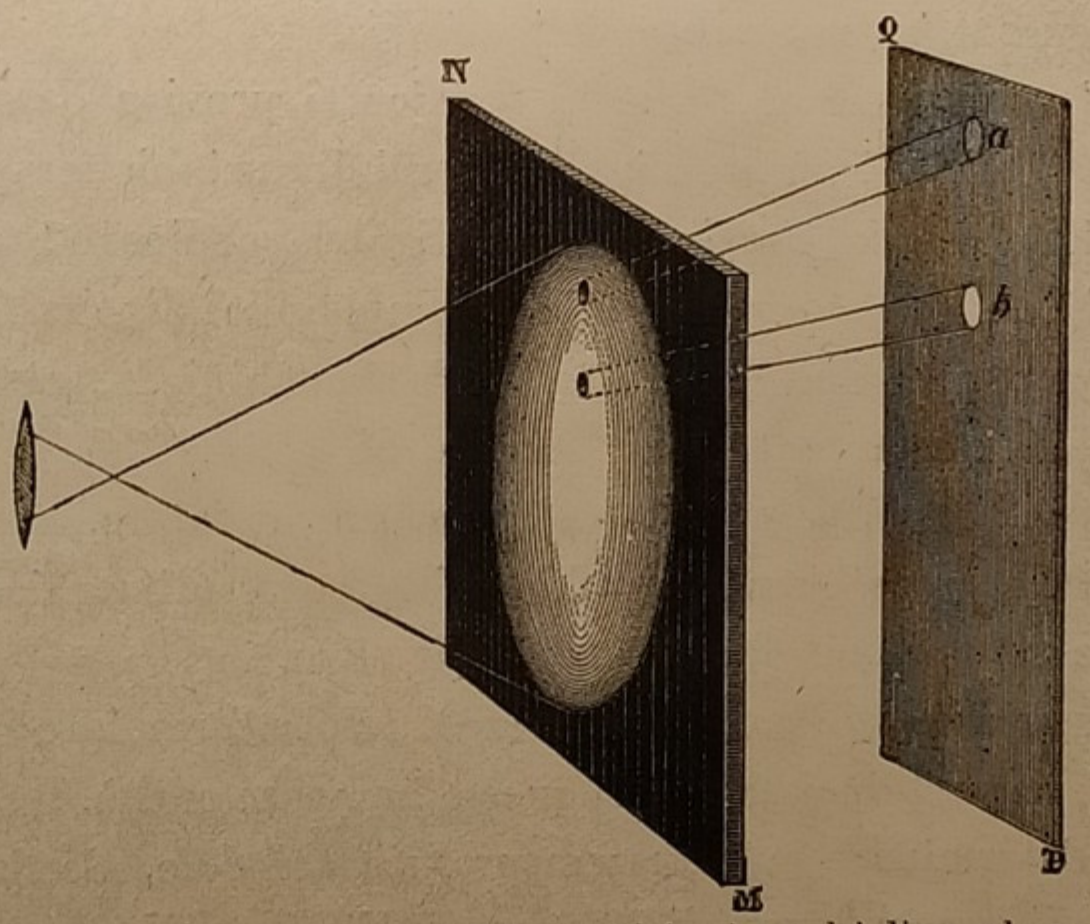


Fig. 130. — Variazione dell'intensità luminosa del disco solare.

simo, insensato! Sarebbe come credere che questo astro sia stato creato soltanto per rischiarare l'umanità terrestre. In fatto, quale frazione infinitesimale dell'irraggiamento totale del Sole riceve e utilizza il nostro pianeta? Per valutarla, consideriamo la distanza di 37 milioni di leghe che ci separa dall'astro centrale, e vediamo qual effetto produce a questa distanza il nostro piccolo globo, e quanto spazio intercetta. Imaginiamo un'immensa superficie sferica *tracciata a quella distanza dal Sole* e che interamente lo avvolga. Ebbene: su quella gigantesca superficie il posto occupato dalla nostra piccola terra non equivale che alla frazione $\frac{1}{2\,138\,000\,000}$, che val quanto dire che l'abbagliante focolajo solare irradia tutt'intorno a sè, attraverso l'immensità, una quantità di luce e di calore due miliardi e centotrentotto milioni di volte più considerevole di quella che noi riceviamo e di cui abbiamo testè valutati gli

effetti così prodigiosi. La Terra non arresta *del totale irraggiamento che la semimiliardesima parte!*

È assolutamente impossibile alla nostra imaginazione di concepire un tal rapporto. I pianeti del sistema non intercettano tutti insieme che la 227 milionesima parte delle irradiazioni dell'astro centrale... il rimanente passa fra essi e *sembra* perduto.

Benchè non sia impossibile esprimere questa maravigliosa potenza, si può tuttavia senza vergogna confessare che è impossibile capirla. *Il calore emesso dal Sole* AD OGNI SECONDO *è eguale a quello che si svilupperebbe dalla combustione di 11 quadrilioni, 600 mila miliardi di tonnellate di carbon fossile formanti un'unica fornace.*

Questo calorico *farebbe bollire*, all'ora, *2 trilioni 900 miliardi di* CHILOMETRI CUBI *d'acqua presa alla temperatura del ghiaccio.*

Sforzatevi di comprendere!... Che la formica si provi a bere l'oceano!

Oh pontefici di Arias! oh sacrificatori degli Incas! oh terapeutici dell'Egitto! e voi filosofi della Grecia! alchimisti del medioevo! oh sapienti dei tempi moderni! oh pensatori di ogni età! ammutolite dinanzi l'astro sublime, Che Mosè si prosterni! Che Giosuè più non s'imagini di trasmettergli degli ordini divini, e più non cantino nè Davide, nè Isaja! Che è mai la vostra voce nella natura! Accatastiamo metafore sopra metafore, non sappiam far altro che impicciolire le grandezze fino alle nostre dimensioni: noi siamo dei pigmei che pretendono dar la scalata al cielo.

L'analisi scientifica può tuttavia tentare da sola formulare i fatti osservati, e di darci un'idea approssimativa di queste immense realtà. La fisica moderna ha cercato di determinare la vera temperatura del Sole, Berthelot e Sainte-Claire Deville l'hanno valutata di 3000 gradi, Vicaire e Violle di 2500, Pouillet di 1600 soltanto. Zœllner ha stimato di 27 000° la temperatura della superficie, e di 85 000° quella del nucleo. Le esperienze di Rossetti porterebbero il calorico effettivo dell'astro a 10 mila gradi, quelle di Soret a 5 milioni, quelle di Waterston a 7 milioni, e quelle di Secchi a 10 milioni. La diversità di questi risultati mostra che codesto è un problema tuttora in questione, e che la scienza non possiede ancora gli elementi sufficienti per risolverlo.

Vedremo più innanzi che cosa debbasi intendere realmente per la parola *calorico*, e per calore.

La superficie intera del disco solare non presenta dappertutto lo stesso grado di luce e di calore. Lo si può riconoscere a bella prima osservando il Sole con un telescopio. I nostri disegni (fig. 111 e 128) ne hanno già dato un'idea approssimativa. Ricevendo l'imagine del Sole sopra uno schermo *M N* (fig. 130), il P. Secchi ha verificato che due fori fatti in esso schermo danno due fasci di luce *a* e *b* molto diversi fra loro d'intensità, a norma

della loro distanza dal centro del disco. Nel punto *b* la luce non è che il quarto di quella del centro; in *a*, vicinissimo al lembo, non è che il quinto e rossastra, ciò che spiega la tinta dell'orizzonte durante le eclissi. Siffatta diminuzione di luce prova che il Sole è circondato da uno strato atmosferico sottile ed assorbente. Senza un tale assorbimento, quest'astro sarebbe, al pari della Luna, uuiformemente luminoso su tutta la sua superficie. D'altra parte, ricevendo sul bulbo di un termometro i raggi emessi da differenti punti del disco solare, si nota che le regioni equatoriali sono più calde di quelle situate al di là del 30mo grado di latitudine, e che la differenza è di almeno un sedicesimo; si osserva altresì che la temperatura è alcun poco più elevata nell'emisfero nord che nell'emisfero sud.

La temperatura delle macchie è inferiore a quella della superficie luminosa generale; ma la differenza d'intensità calorifica è molto più debole della differenza d'intensità luminosa.

Esaminiamo partitamente l'aspetto della superficie solare.

Gli antichi non conoscevano alcuna delle particolarità relative alla costituzione fisica del Sole. Si erano bensì notate di tempo in tempo alcune macchie nere che potevansi discernere ad occhio nudo, allorchè quest' astro era vicino all'orizzonte, ma si scambiavano per pianeti e per fenomeni d' ignota origine. Tali sono le macchie che furono osservate nell' 807, 840, 1096, 1588. Keplero medesimo credette osservare il passaggio di Mercurio sul Sole e non aveva altro sotto gli occhî che una macchia. Fabrizio pel primo nel 1610, prima ancora dell'invenzione del cannocchiale, esaminò le macchie solari per projezione e scoprì la rotazione del Sole (1).

Si possono agevolmente osservare le macchie del Sole, anche con cannocchiali di abbastanza piccole dimensioni, avendo l'avvertenza di collocare davanti l'oculare un vetro fortemente colorato. Esse si presentano ordinariamente come punti neri di forma rotonda; spessissimo però, trovansi aggruppate in guisa da formare nell' insieme delle figure molto irregolari. La parte centrale è nera; la si chiama *nucleo* od *ombra*. Il contorno risulta di una mezza tinta che chiamasi *penombra*. I contorni dell'ombra e quelli della penombra sono nettamente definiti, almeno nella maggior parte dei casi.

---

(1) I Cinesi ci hanno di molto preceduti in queste osservazioni. L' opera enciclopedica di Ma-Twan-Lin contiene un quadro rimarchevole di 45 osservazioni fatte fra gli anni 301 e 1205 dell'E. V., vale a dire in un intervallo di 904 anni. Per dare un'idea della grandezza relativa delle macchie, gli osservatori le paragonano ad un uovo, a un dattero, a una susina, ecc. Le osservazioni si prolungano talvolta per parecchi giorni; alcune furono persin fatte per dieci giorni consecutivi. Non si può dubitare della verità ed esattezza di queste osservazioni, e tuttavia esse furono inutili agli Europei, perchè non vennero pubblicate che in questi ultimi tempi. Gli astronomi cinesi non ci hanno fatto conoscere il metodo che impiegavano in queste osservazioni; ma si sa che mediante un vetro semplice coperto di nero fumo si possono scorgere ad occhio nudo le macchie più considerevoli. Prima che si conoscessero i cannocchiali, si ricevevano i raggi solari nella camera oscura attraverso un picciol foro praticato in un' imposta.

La figura 128, riprodotta da una fotografia diretta del Sole, dà un'idea esatta della estensione relativa delle macchie. Questa fotografia fu presa a New-York dal signor Rutherfurd il 22 settembre 1870, anno di movimenti tumultuosi ne Sole come sulla Terra.

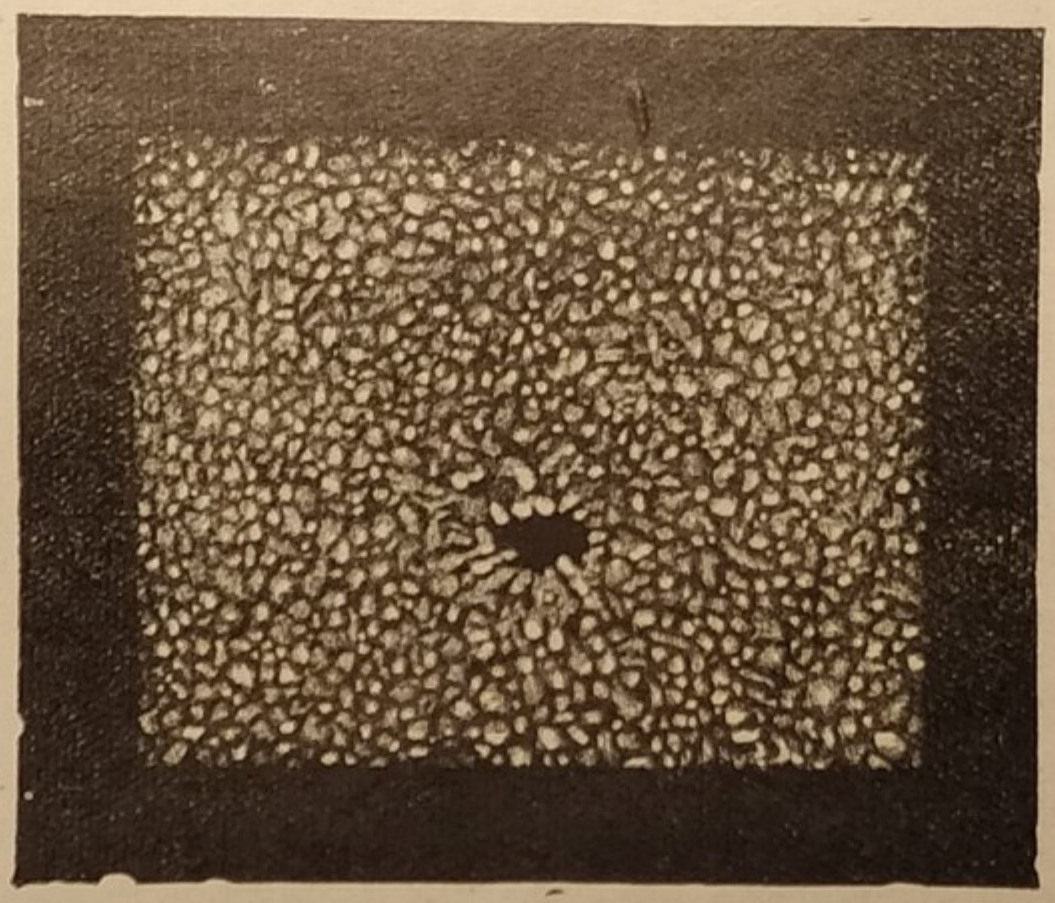


Fig. 131. — La superficie del Sole, veduta al telescopio mercè un forte ingrandimento.

Sui lembi del disco veggonsi delle macchiette bianche alle quali venne dato il nome di *facule*. Tutte queste macchiette cambiano di posto e di forma.

Fig. 132. — Tipo delle macchie solari.

La superficie solare, lungi dall'essere perfettamente liscia e uniforme offre un'apparenza irregolare e granulosa. Siffatto aspetto è ben riconoscibile quando si osserva il Sole con un potente oculare, nei momenti rarissimi in cui la nostra atmosfera è perfettamente calma, e prima che l'objettivo cominci a

riscaldarsi. Allora si vede che la superficie è coperta di una miriade di granellini, di forme diversissime, fra le quali sembra dominare l'ovale. Gl'interstizî scioltissimi che separano quei granelli formano una reticolazione grigia. Riproduciamo qui (fig. 131) un disegno del P. Secchi, nel quale l'osservatore romano ha tentato di dare un abbozzo dell'aspetto caratteristico della superficie: « Ci sembra difficile — diceva — di trovare un oggetto conosciuto che ricordi questa scrittura; si ottiene qualche cosa di analogo guardando al microscopio il latte alquanto disseccato, quando i globuli hanno perduto la regolarità della loro forma. » Questo disegno rappresenta i grani, del pari che gli interstizî che li separano, quali si vedono con un forte ingrandimento, in circostanze atmosferiche eccezionalmente propizie. Il più sovente, facendo uso di deboli ingrandimenti, si scorge una moltitudine di puntini bianchi sopra

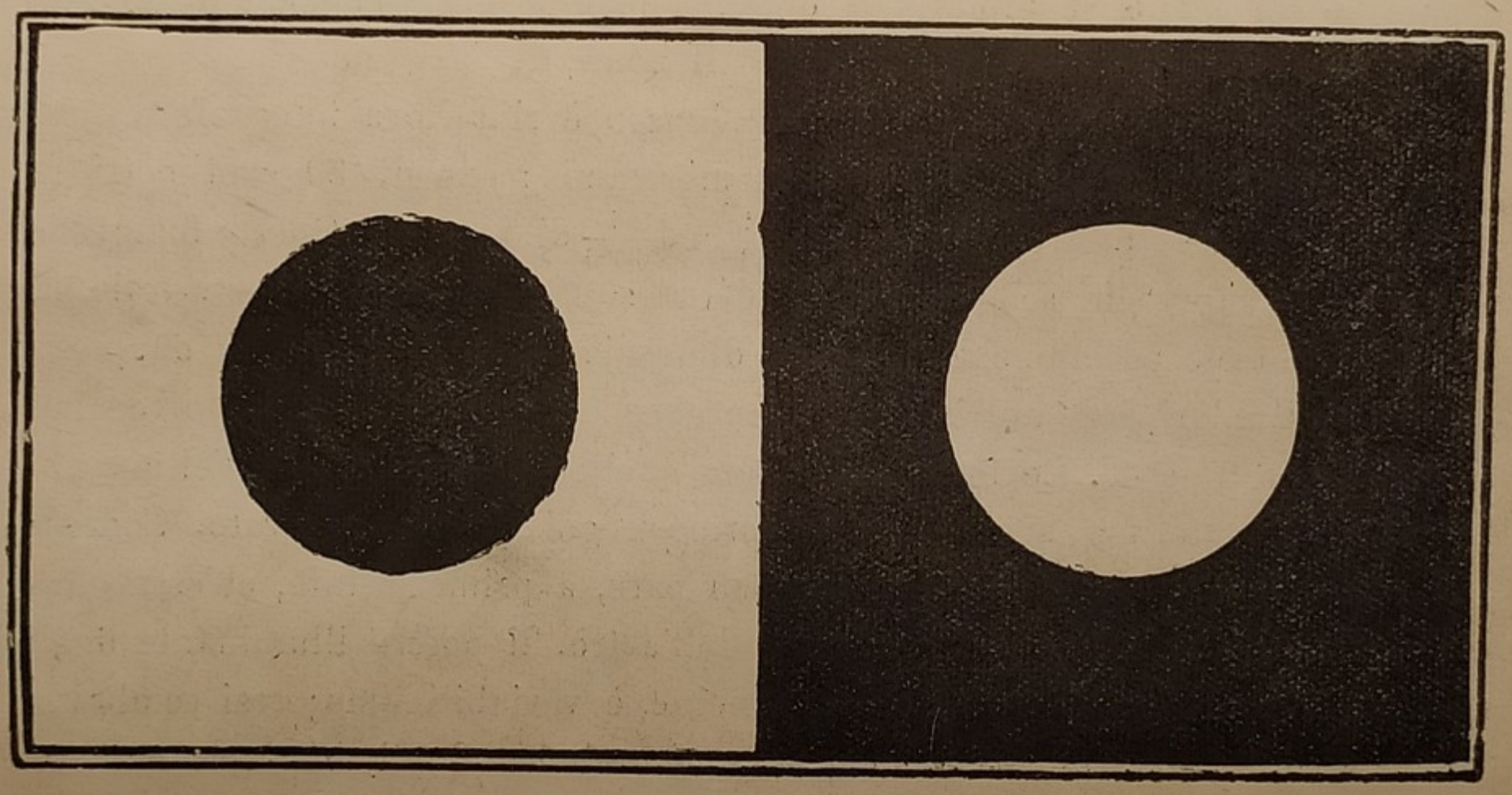


Fig. 133. — Effetti dell'irradiazione.

una rete nera. Questa struttura è evidentissima nei primi momenti d'osservazione, ma non tarda a diventar meno distinta, perchè l'occhio si stanca, nel tempo stesso che l'objettivo si riscalda, al paro dell'aria contenuta nel tubo.

Affrettiamoci a dire che questa struttura a grani o foglie di salice non può esser osservata che con strumenti di grande apertura, giacchè i grani, essendo di dimensioni piccolissime, l'irradiazione amplificandoli e projettandoli uno sull'altro, produce necessariamente una confusione generale. È noto l'effetto dell'irradiazione. Un oggetto sembra tanto più grande quanto è più fortemente rischiarato, e la differenza maggiore si riscontra nel contrasto fra il bianco e il nero. Guardate, per esempio, la figura 133. Quale dei due cerchî vi pare più grande? — Il bianco certamente. — Ebbene! *sono tutti e due rigorosamente eguali,* cosicchè il bianco si sovrapporrebbe esattamente sul nero.

Le granulazioni solari che noi possiamo a mala pena misurare a motivo della loro piccolezza, hanno in realtà un diametro di 200 a 300 chilometri.

La superficie del Sole è talvolta siffattamente coperta da queste granulazioni, la rete è talmente marcata, che si crederebbe di veder dappertutto dei rudimenti di macchie. Ma questo aspetto non è costante, e bisogna ricercarne la causa non soltanto nelle variazioni della nostra atmosfera, che rendono talvolta difficili le osservazioni, ma anche nelle modificazioni che l'astro stesso subisce.

La superficie solare, pertanto, non è punto uniforme, ma risulta da una moltitudine di punti luminosi disseminati sopra una specie di reticolato più scuro; i nodi di codesta rete s'allargano talora a segno da formare dei pori; questi allargandosi ancor più, finiscono col dar origine ad una macchia. Tale è l'ordine col quale si producono ordinariamente questi fenomeni. Questa superficie luminosa del Sole ha ricevuto il nome di *fotosfera*.

All'Osservatorio di Meudon, il signor Jansen è riuscito a fotografare tutti questi particolari, sopra lastre che non misurano meno di 30 centimetri di diametro, con una posa che varia fra $\frac{1}{2000}$ ed $\frac{1}{3000}$ di secondo. Queste fotografie mostrano la superficie solare coperta della sottil granulazione generale di cui abbiam testè parlato. La forma, le dimensioni, le disposizioni di questi elementi granulari, sono svariatissime. Le grandezze variano da alcuni decimi di secondo a 3″ e 4″. Le forme ricordano quelle del circolo e dell'ellisse più o meno allungate, ma spesso queste forme regolari sono alterate. Codesta granulazione si mostra dappertutto, e non pare, a prima giunta, ch'essa offra una costituzione differente verso i poli dell'astro. Il potere illuminante degli elementi granulari, considerato separatamente, è variabilissimo; essi sembrano situati a differenti profondità nello strato fotosferico. I più luminosi non occupano che una piccola frazione della superficie dell'astro. L'esame accurato di queste fotografie mostra che la fotosfera non è costituita uniformemente in tutte le sue parti; qui, i grani sono distinti, ben delineati, benchè di grossezza molto variabile; altrove sono indecisi, stirati, tormentati, o sono benanche scomparsi per dar luogo a strie di materia che tengono luogo della granulazione. Tutto indica che in questi spazî la materia fotosferica è soggetta a moti violenti che hanno confuso gli elementi granulari.

Codeste granulazioni luminose sono quelle che producono la luce e il calore che riceviamo dal Sole; secondo l'astronomo americano Langley, che ne fece oggetto di uno studio speciale, esse non occupano che un quinto circa della superficie solare. Se per una circostanza qualunque, quei grani si costipassero moltiplicandosi e condensandosi, sparirebbe la reticolazione oscura in cui nuotano; il Sole ci manderebbe due, tre, cinque volte più di luce, ed il calore che ne riceviamo aumenterebbe nella stessa proporzione; se per

contro diminuissero di numero o sprofondassero nello strato oscuro, addio luce e calore, la Terra potrebbe in un batter d'occhio morire di freddo.

Ma fermiamoci ora alle macchie del Sole. La scoperta delle macchie del Sole conta fra quelle di cui si può dire che son fatte da un'epoca e non da un uomo. Parecchî dotti studiosi, avendo a loro disposizione dei cannocchiali, dovevano pure presto o tardi dirigerli verso il Sole.

Il gesuita P. Scheiner di Ingolstadt, pel primo chiamò efficacemente l'attenzione degli scienziati sulle macchie del Sole, e lo fece, per così dire, suo malgrado e malgrado il suo superiore. L'astro del giorno era considerato e venerato come il simbolo più puro dell' incorruttibilità celeste, e la scienza ufficiale dell'epoca non avrebbe mai osato ammettere l'esistenza delle macchie. Era un crimine di lesa maestà, e i dogmi stessi ne erano compromessi. Dopo le reiterate sue osservazioni che non gli permettevano più di dubitare della loro esistenza, il nostro gesuita recossi a consultare il Padre provinciale del suo ordine, peripatetico zelante, il quale rifiutossi a credergli: « Ho letto parecchie volte Aristotile da cima a fondo — risposegli — e posso assicurarvi che non vi ho trovato nulla di consimile. Andate figliuol mio, — aggiunse congedandolo — tranquillatevi, e siate sicuro che quello che pigliate per macchie nel Sole, sono difetto delle vostre lenti o dei vostri occhî. La cronaca aggiunge che *vegliò tutta la notte* per assicurarsi dello stato dell'astro diurno... A quell'epoca l'andazzo (1) *classico* regnava ancora nello studio della natura. Fortunatamente per la scienza v'erano degli spiriti indipendenti che osservavano: quello che Scheiner faceva in Germania, Galileo lo faceva in Italia, e il *fatto* delle macchie solari si affermava *positivamente* per tutti quelli che lo volevano vedere.

Colle sue osservazioni del 1611, Galileo determinò la durata della rotazione del Sole. Questa rotazione era stata affermata, ma non determinata da Fabricio nel 1610, indovinata da Keplero nel 1609, e precedentemente nel 1591 dal filosofo Giordano Bruno, che fu arso vivo a Roma nel 1600 per le sue opinioni astronomiche e religiose, e sopratutto per la sua convinzione nella dottrina della pluralità dei mondi.

In generale, le macchie si presentano sul lembo orientale del disco solare lo attraversavano seguendo delle linee oblique rispetto al moto diurno e al piano dell' eclittica, e, dopo circa quattordici giorni, scompajono al lembo occidentale. Non è raro il caso di vedere una macchia, che rimane invisibile per un periodo di quattordici giorni, ricomparire al lembo orientale, per fare una seconda, qualche volta una terza e persino una quarta rivoluzione; ma, più

---

(1) Nel testo francese leggesi *routine*, che non ha un preciso equivalente nella nostra lingua.
IL TRAD.

spesso, esse si sformano e finiscono col dissolversi prima di sparire dal disco, o durante il loro tragitto dalla parte opposta.

Se tutti i giorni si segna, sulla stessa figura, la posizione delle macchie, si vede che il loro moto apparente è più rapido in vicinanza al centro, mentre diventa lentissimo presso il lembo del disco solare. Nella figura 134 diamo le trajettorie delle due macchie osservate da Scheiner dal 5 al 14 marzo 1627, vale a dire or son più di due secoli e mezzo. I circoletti bianchi indicano le lacune dovute alla presenza di nuvole. Le macchie sono nettamente definite, al pari delle ombre e delle penombre. Questa figura vale anche per mostrare

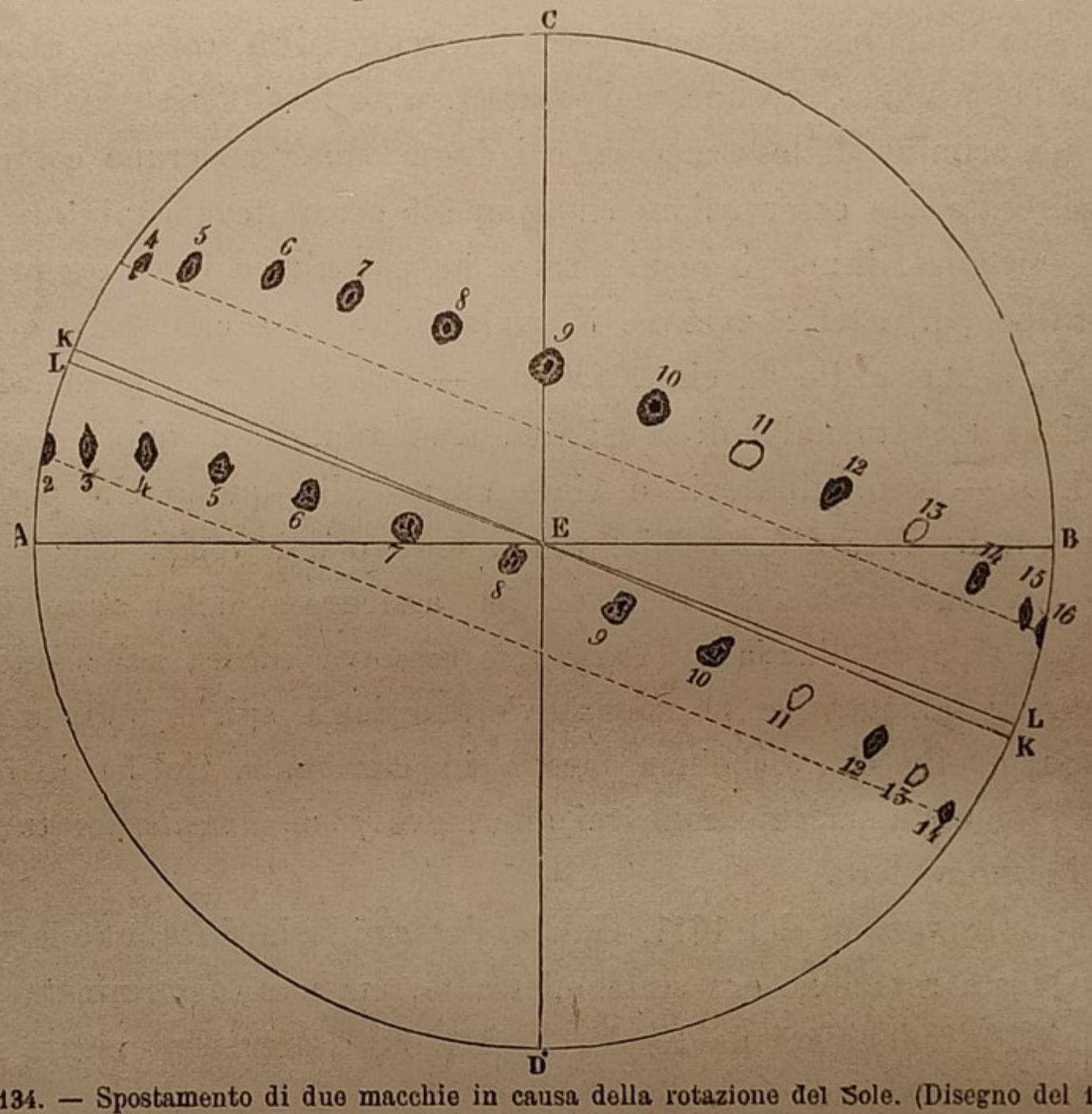


Fig. 134. — Spostamento di due macchie in causa della rotazione del Sole. (Disegno del 1627.)

che le trajettorie sono curve, e che, avvicinandosi al lembo, le macchie perdono la loro forma arrotondata, diventano ovali, poi si restringono a segno di diventar quasi lineari. Siffatte differenze non sono che apparenti, e provengono da questo che il moto ci pare effettuarsi sopra un piano, laddove effettivamente ha luogo sopra una sfera. È questa una delle prime *prove* che si ebbero della sfericità del Sole. Chiunque può capacitarsi della ragione di queste variazioni apparenti, incollando un circoletto di carta nera sopra un globo che si faccia ruotare colle mani.

Questi primi fatti di osservazione hanno provato che le macchie sono aderenti alla superficie del Sole; giacchè, se ne fossero staccate, bisognerebbe attri-

buirli a corpi molto piatti, ciò che sarebbe contrario a quanto conosciamo circa la forma propria dei corpi celesti. Galileo le paragonò a nubi, più tardi Scheiner le considerò come cavità. Vedremo fra poco qual giudizio se ne debba fare.

Nel precitato disegno, le due linee *KK*, *LL*, rappresentano le projezioni dell'eclittica sul disco solare al principio e alla fine delle osservazioni. Le trajettorie descritte dalle macchie cambiano colla stagione; nel mese di marzo sono archi di ellissi molto allungate, volgenti la convessità al nord, essendone l'asse maggiore quasi parallelo all'eclittica. Dopo quest'epoca, la curvatura delle ellissi diminuisce gradatamente, intanto che s' inclinano sull'eclittica, di guisa che nel mese di giugno quegli archi si trovano trasformati in linee rette.

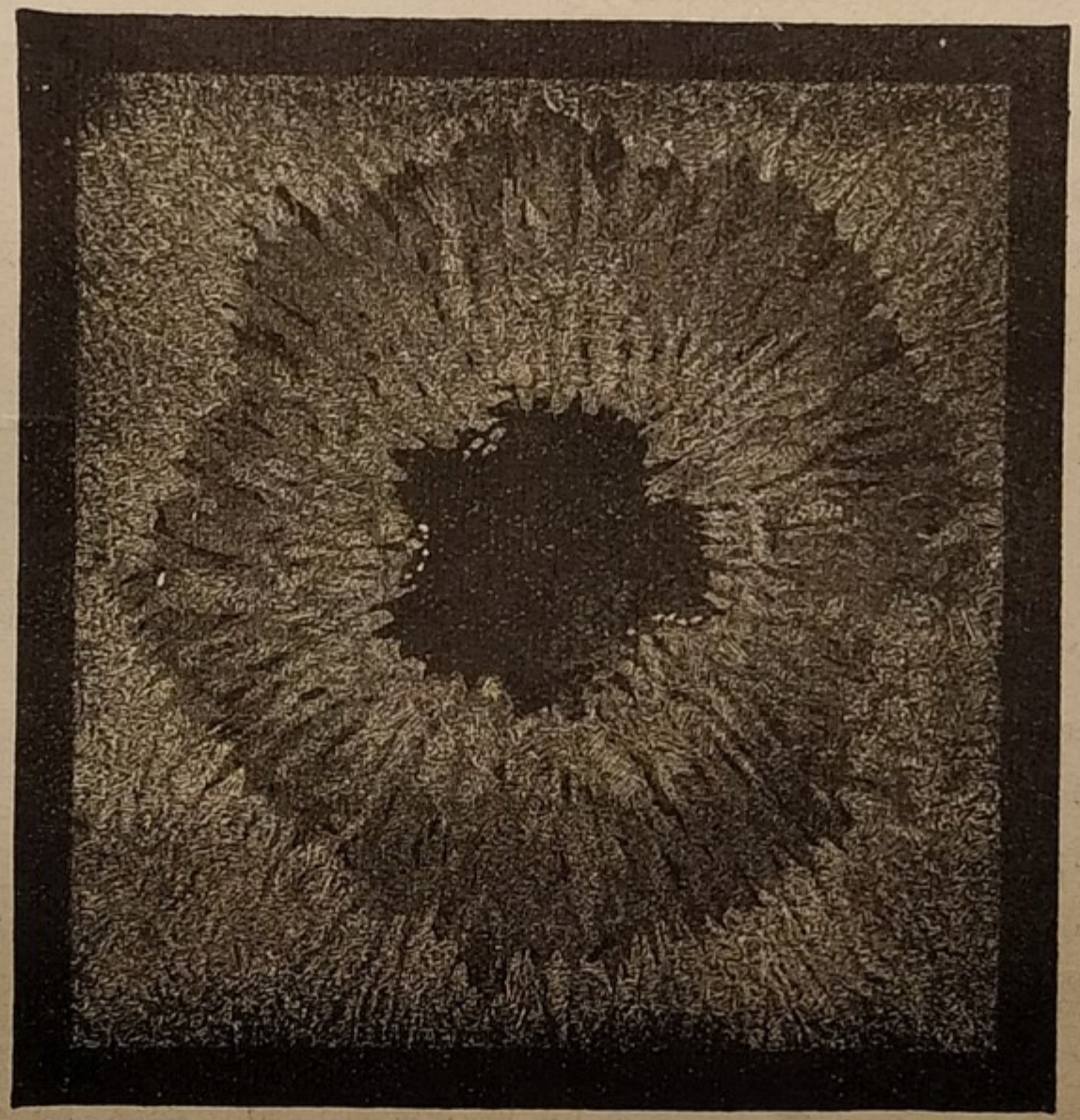


Fig. 135. — Tipo di macchia solare regolare.

Da giugno a settembre, le curve eclittiche ricompajono in senso inverso; poi esse tornano a formare curve allungate e assumono la forma rettilinea per ricominciare la stessa serie. Questi diversi aspetti son dovuti evidentemente ai cambiamenti di posto della Terra.

Le macchie non appajono indifferentemente su tutti i punti del disco. Esse sono più numerose nella immediata vicinanza dell'equatore e rarissime nelle latitudini superiori della Terra a 35 o 40 gradi.

Si manifestano sopratutto lungo due zone simmetriche, che Scheiner, per una singolare adulazione, ha determinato *zone regie* (è egli forse perchè sono impure?), comprese fra 10 e 30 gradi di latitudine.

Queste macchie presentano talfiata delle dimensioni ragguardevoli.

La storia riferisce che alla morte di Giulio Cesare l'astro solare fu visto stranamente oscurato durante parecchî giorni: « *Phœbi tristis imago — Lurida sollicitis præbebat lumina terris* » dice Ovidio (*Metamorfosi*, XV); ma è possibile che il fenomeno, del resto esagerato dalla superstizione, che in allora faceva degli dèi di tutti gli imperatori e di tutti i grandi uomini, sia stato prodotto da uno stato particolare dell'atmosfera terrestre. Abbiamo più indietro accennato che delle macchie sono state talora osservate ad occhio nudo in China ed in Europa. Virgilio ne parla (*Georgiche*, I); « *Sin maculæ incipient rutilo immiscere igni.* »

Un tal fatto non è assolutamente raro. Io ne ho veduto una ad occhio nudo nel 1868 ed una seconda nel 1870. Perchè una macchia solare sia visibile ad occhio nudo bisogna che sottenda almeno 50 secondi d'arco, ciò vuol dire, poichè la Terra veduta alla stessa distanza misura 17″,72, che essa sia larga circa tre volte più della Terra.

Nel seguente specchietto ho registrato le più grandi macchie che si sieno *misurate* (comprese le penombre):

			Chilometri
da Herschel . . .	1779	113″ (2 macchie riunite) . . .	~~813 000~~ 81.300
Mayer	1758.	96″	69 000
Schrœter . . .	1789.	71″	51 000
Lalande . . .	1763.	60″	43 170
Schwabe . . .	1848.	60″	43 170

Il diametro del Sole sottendendo 1924″, e misurando quindi 1 382 000 chilometri di lunghezza, un secondo di arco misurato sul Sole rappresenta più di 718 chilometri, dieci secondi rappresentano 7183 chilometri, ed un minuto vale 43 098 chilometri. Sul Sole, il filo di ragno che attraversa l'oculare di un cannocchiale e serve a prendere le misure, copre colla grossezza uno spazio di 240 chilometri!

Il numero delle macchie è variabilissimo. Qualche volta (come nel 1871) sono esse abbastanza numerose perchè si possa, con una sola osservazione riconoscere le zone che le contengono abitualmente. Talora, per contro (ne fa esempio il 1879), sono così rare, che non se ne vede neppur una per parecchî mesi di seguito. Vedremo fra poco che v'ha in questo una periodicità singolare. D'altra parte, certe macchie non durano talora che per qualche giorno, altre per parecchie settimane, altre persin dei mesi, modificandosi più o meno. Ne ho seguìta una, nel 1868, che persistette durante tre rotazioni solari; Secchi ne seguì un'altra, nel 1866, che durò per quattro rotazioni, e Schwabe, nel 1840, ne vide una ritornare fino ad otto volte.

Si trova in media che una macchia ritorna (almeno in apparenza) alla sua posizione primitiva, in capo a 27 giorni $\frac{1}{3}$ circa; ma vi è in questa valutazione una causa d'errore di cui vuolsi tener conto. Durante questo intervallo di tempo la Terra non è rimasta immobile; essa ha percorso sulla sua orbita

un arco di circa 25 gradi, nel verso stesso della rotazione solare. All'istante in cui una macchia compie la sua rotazione apparente, essa ha dunque descritto un circolo intero, e, dopo a un dipresso due giorni, ha incominciato una seconda rivoluzione. È una differenza analoga a quella che abbiamo riconosciuto per la durata della rivoluzione della Luna e del mese lunare (fig. 53). Effettuando la correzione si trova che la vera durata è di 25 giorni $\frac{1}{3}$ circa.

Questa cifra rappresenta essa esattamente la durata della rotazione di questo globo enorme?

Qui è da notarsi un fatto straordinario: la superficie del Sole non ruota tutta d'un pezzo come quella della Terra, ma con una velocità decrescente dall'equatore ai poli. Dal calcolo di tutte le osservazioni risulta evidente che la velocità delle macchie variano dall'una all'altra di maniera che la velocità rotatoria dell'astro passa per tutti i valori compresi fra 25 e 28 giorni. Queste velocità dipendono esclusivamente dalla latitudine di ciascuna macchia, di

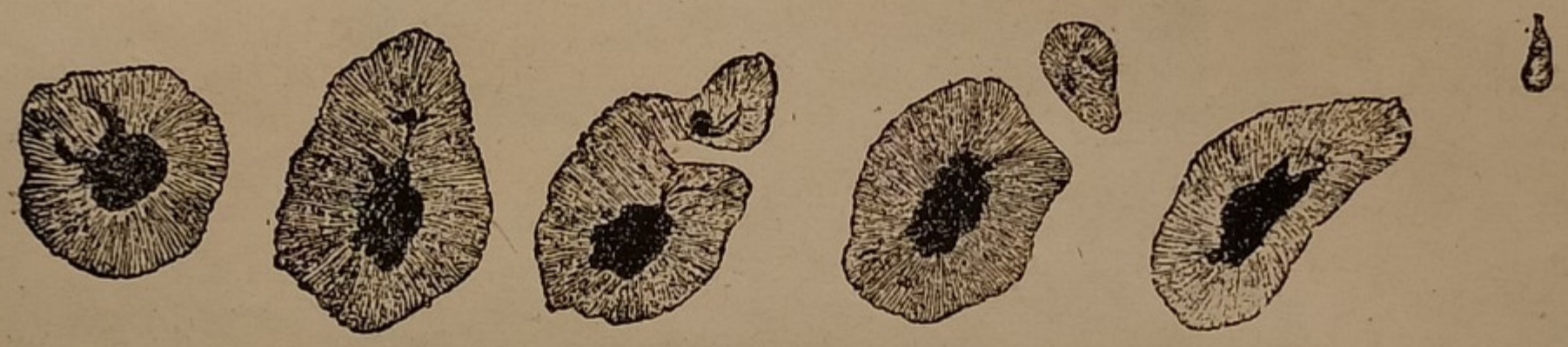


Fig. 136. — Segmentazione di una macchia solare.

guisa che la variazione di velocità da una macchia all'altra, è proporzionale alla latitudine, alla stessa guisa che la gravità terrestre varia andando dall'equatore verso i poli.

È meritevole di considerazione il quadro che segue, nel quale trovasi scritta, zona per zona, la durata della rotazione solare dedotta dai movimenti delle macchie corrispondenti.

DURATA DELLA ROTAZIONE SOLARE SUI DIVERSI PARALLELI, DI GRADO IN GRADO.

Latitudine	Rotazione	Latitudine	Rotazione	Latitudine	Rotazione	Latitudine	Rotazione
gradi	giorni	gradi	giorni	gradi	giorni	gradi	giorni
0	25,187	12	25,388	24	25,975	35	26,804
1	25,188	13	25,423	25	26,040	36	26,891
2	25,193	14	25,460	26	26,107	37	26,979
3	25,200	15	25,500	27	26,176	38	27,068
4	25,210	16	25,543	28	26,248	39	27,159
5	25,222	17	25,588	29	26 322	40	27,252
6	25,238	18	25,636	30	26,398	41	27,307
7	25,256	19	25,686	31	26,475	42	27,440
8	25,277	20	25,739	32	26,555	43	27,536
9	25,300	21	25,794	33	26.636	44	27,633
10	25,327	22	25,852	34	26,717	45	27,730
11	25,356	23	25,913				

Pertanto la superficie solare ruota, all'equatore, in 25 giorni e 4 ore e $\frac{1}{2}$ all'incirca; in 25 giorni 12 ore a 15 gradi di latitudine, in 26 giorni al 25° grado, in 27 giorni al 38° e in 28 giorni verso il 48° grado. Non si poterono osservar macchie più di tanto lontano dall'equatore; ma la progressione deve continuare fino ai poli. È questa la rotazione della *superficie* quale sarebbe per noi se la Terra fosse coperta da un oceano che girasse più lentamente di essa, e sempre meno celeramente dall'equatore ai poli. È probabile che il globo solare stesso ruoti nel periodo equatoriale. Quei numeri sono calcolati ammettendo col signor Faye la cifra 857'6 per il moto diurno di una macchia equatoriale. Carrington ammetteva 865', il che corrisponde a 24 giorni e 22 ore.

Tale è il primo aspetto offerto dall' imagine telescopica dell'astro del giorno e dallo studio delle sue macchie. Ma di che natura sono queste macchie?

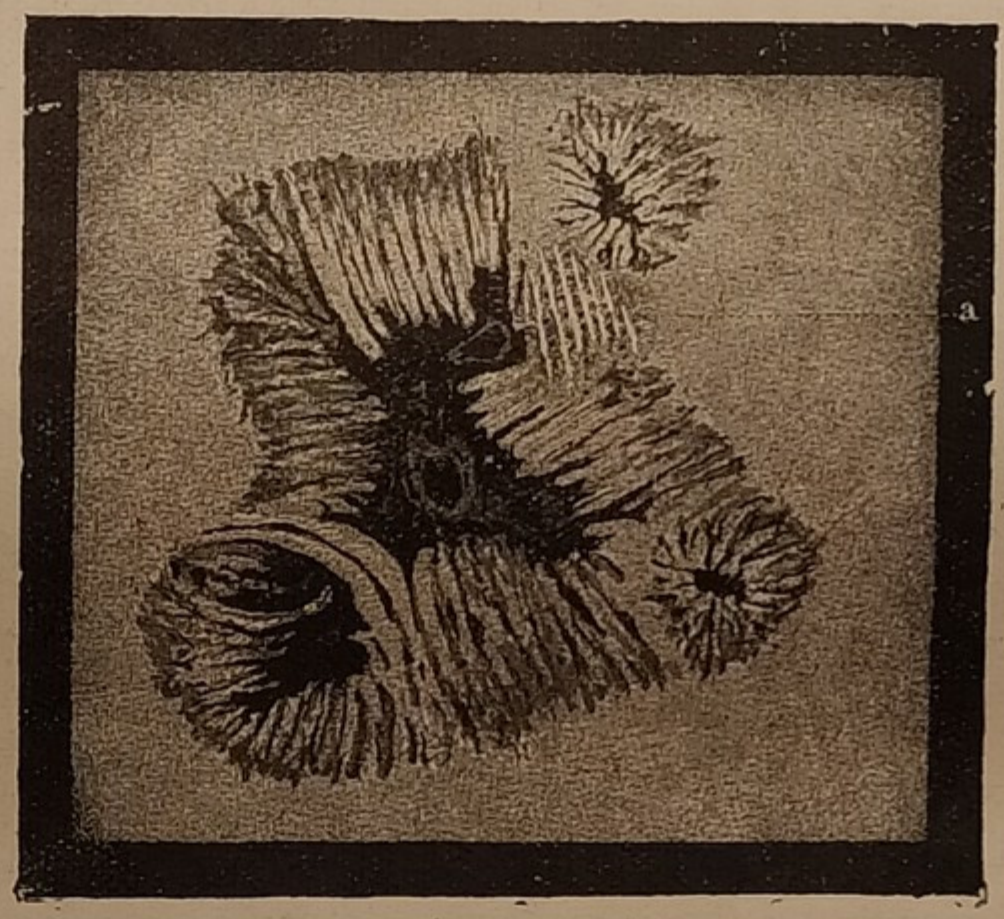


Fig. 137. — Macchia solare con ponti.

Il primo osservatore diligente del Sole, il P. Scheiner, aveva dapprima considerato le macchie come satelliti, opinione insostenibile, e che tuttavia si è tentato più tardi di far rivivere. Galileo le attribuì a nubi od a fumi nuotanti nell'atmosfera solare: era la conclusione migliore che si potesse trarre dalle osservazioni di quell'epoca. Questa opinione ottenne per lungo tempo il favore generale; fu persino ai nostri giorni tirata in campo di nuovo. Alcuni astronomi, e fra gli altri Lalande, credettero al contrario che fossero montagne, i cui fianchi più o meno ripidi avrebbero prodotto l'aspetto della penombra; ipotesi inconciliabile col moto proprio, talvolta marcatissimo, delle macchie. È raro infatti veder viaggiare le montagne, Derham le attribuì a fumi usciti dai crateri vulcanici del Sole, opinione ripresa e sostenuta in questi ultimi tempi dal mio compianto amico Chacornac. Parecchî dotti, considerando il Sole quale una massa liquida ed incandescente, hanno anche spiegato le

macchie attribuendole a scorie natanti su quell'oceano di fuoco. Ma era appena scorso un secolo dall'epoca delle prime osservazioni di macchie, che un astronomo inglese, Wilson, mostrava all'evidenza che le macchie sono cavità.

Che accade mai dunque alla superficie del Sole? Gli è ciò di cui importa renderci un conto esatto.

Il tempo necessario per la formazione di una macchia è estremamente variabile, ed è impossibile scoprirvi alcuna legge: alcune si formano lentissimamente per la dilatazione dei pori; altre compajono quasi repentinamente. Tuttavia, se tutti i giorni si osserva il Sole con molta accuratezza, si riconosce che una tale formazione non è mai propriamente istantanea, per rapida che

Fig. 138. — Macchia solare. Filamenti luminosi defluenti verso il centro.

possa essere. Il fenomeno è sempre annunziato alcuni giorni prima: si scorge nella fotosfera una grande agitazione che si manifesta sovente per via di facule splendidissime, le quali danno luogo ad uno o più pori. Questi pori si spostano dapprima con rapidità, spariscono per riprodursi, poi uno di essi sembra prendere il sopravvento e si trasforma in una larga apertura. Nei primi momenti della sua formazione, non v'ha penombra ben definita; essa si sviluppa progressivamente e diventa regolare man mano che la macchia stessa prende una forma circolare, come si vede nella figura 135 a pag. 309 la quale rappresenta una macchia regolare e, in certo modo, tipica.

Questa formazione tranquilla e progressiva non si verifica che in epoche

in cui sembra che la calma regni nell'atmosfera solare; in generale, lo sviluppo è più tumultuoso e più complesso.

Si vedono soventi parecchie macchie fondersi in una sola per la dissoluzione della materia luminosa che le separa. Qualche volta avviene il contrario: una macchia completamente formata si scinde in parecchie altre. È quanto osservai specialmente nel 1868 in una macchia che offrì successivamente tutti gli aspetti qui rappresentati (fig. 136). Questa macchia si è divisa in due; ma la figlia non si è separata dalla madre che per morire, mentre che la macchia principale visse per due rotazioni solari.

La larghezza della penombra varia da una macchia all'altra, ed è tutt'altro che uniforme nella sua struttura, come lo farebbero credere i disegni che si trovano nella maggior parte dei libri. Questa penombra è tutta raggiata; i raggi che la compongono hanno forme irregolari; alcuni somigliano a correnti sinuose che vanno assottigliandosi coll'allontanarsi dall'orlo; parecchî di siffatti raggi si mostrano formati di masse ovali, somiglianti a nodi collocati a capo a capo. Siffatta struttura radiata della penombra non è difficile a verificare.

Codeste correnti sono meno condensate, meno luminose, meno nettamente delineate verso l'esterno della penombra, là dove si staccano dalla fotosfera, mentre che, presso il nucleo, si stringono, si condensano e diventano più brillanti. Accade perciò talune volte che il lembo della penombra, attiguo al nucleo, acquisti uno splendore più vivo, eguale quasi a quello della fotosfera; la macchia sembra allora composta di due anelli splendenti concentrici, come si vede nella figura 135.

Qualche volta le estremità interne delle correnti terminano con dei grani brillanti che si projettano sul fondo nero del nucleo. Altre volte le correnti di materia luminosa gettano dei veri *ponti* attraverso le macchie, come lo mostra la figura 137, nella quale, specialmente nel punto *a*, due sistemi di correnti sovrapposte s'incrociano quasi ad angolo retto. Questa macchia fu disegnata a Roma nel 1870 dal P. Secchi.

Si notano altresì delle macchie nelle quali è tanto evidente lo scorrere della sostanza luminosa in filamentî dall'esterno verso l'interno, che si crede di assistere ad un vortice di un liquido luminoso. Quest'apparenza è rappresentata nella figura 138, disegnata a Palermo da Tacchini nel 1873. Soltanto coll'attento esame delle macchie si può riuscire a rendersi conto della natura della superficie solare. L'aspetto di questa si modifica fino all'orlo delle macchie, formato semplicemente dal gas non luminoso in cui nuotano i grani brillanti costituenti la fotosfera. Il calore interno del globo solare irradia all'esterno, e si stabiliscono così delle correnti verticali. L'altitudine a cui si condensano le nubi luminose che formano la luce solare è paragonabile a ciò

che in meteorologia terrestre chiamiamo « punto di rugiada ». Un po' più od un po' meno di altezza, di calore, di condensazione, e la nube non si forma. Le macchie sarebbero i punti in cui le correnti ridiscendono, scavano alquanto la fotosfera, riconducono gli elementi più freddi venuti dall'alto. Lo strato in cui si formano le nubi luminose può avere lo spessore della Terra, e la ricchezza della circolazione è tale che per milioni d'anni non vi sarà probabilmente nessuna diminuzione sensibile nella luce e nel calor solare.

Tuttavia il diametro del Sole non sembra costante. Mentre le misure danno costantemente pel diametro medio della Luna il numero 1968″, esse variano per quelle del Sole da 1919″ a 1924″. Il diametro solare deve diminuire lentamente; ma benchè la diminuzione non possa ancora riescire sensibile, può subire delle oscillazioni.

I luoghi nei quali il Sole è macchiato sono incavati rispetto al livello delle

Fig. 139. — Macchia avvicinantesi al lembo del disco solare.

nubi luminose, vale a dire rispetto al livello medio della superficie fotosferica: la profondità sembra essere del terzo del raggio terrestre, o press'a poco di duemila chilometri. Talvolta essa raggiunge le dimensioni del semi-diametro della Terra o di seimila chilometri.

I nuclei non sono assolutamente neri, come si potrebbe credere a tutta prima; la loro luce non è inapprezzabile se non a motivo del contrasto; essa è ancora cinquemila volte più forte di quella della Luna piena. Dawes vi ha notato, pel primo, dei luoghi più scuri e in apparenza affatto neri; Secchi vi ha osservato delle striscie grigie e rosee singolari; Trouvelot, dei veli trasparenti.

Le macchie sono abitualmente circondate da regioni brillantissime, alle quali si dà il nome di *facule*. Sono rilievi della fotosfera, e si discernono distintamente allorchè una macchia si avvicina al lembo, come si vede nella figura 139.

Queste regioni sono dunque la sede di una considerevole agitazione, la cui estensione oltrepassa di molto quella della macchia stessa.

Le macchie pertanto sono il risultato di grandiosi sconvolgimenti che cagionano delle differenze di livello, dei sollevamenti e degli avallamenti; questi formano nella fotosfera delle cavità più o meno regolari circondate da una orlatura viva e sporgente. Queste cavità non sono vuote; la resistenza che esse oppongono al cammino delle correnti luminose, prova ch'esse sono riempiute di vapori più o meno trasparenti. Adesso noi giungiamo ad un altro ordine di fenomeni, studiati e conosciuti da molto minor tempo delle macchie, ma che non sono guari meno importanti di queste nella fisica solare e che forse lo sono ancora di più; vogliam parlare delle *eruzioni* solari, che si presentano all'occhio e alla mente dell'osservatore come intimamente collegate colla formazione delle stesse macchie.

CAPITOLO IV.

Le eruzioni del Sole. — Protuberanze. — Getti di fiamme. Esplosioni gigantesche. — L'atmosfera solare; la corona e la gloria.

Abbiamo già visto, parlando delle eclissi totali di Sole, che, durante i così rari istanti nei quali la Luna viene a interporsi fra noi e l'astro del giorno, le adjacenze di questo astro non appajono vuote e serene come sembra all'occhio disarmato, per esempio, a mezzo di una bella giornata d'estate; ma che invece sono occupate da materiali luminosi, splendenti sia per sè medesimi, sia pel riflesso dello splendore solare, in guisa da formare intorno al dio del giorno come un'aureola gloriosa, di forme e apparenze variabili.

In quell'aureola si osservano delle lingue di fuoco che erompono dal Sole e gli sono contigue. Si fu durante l'eclisse dell' 8 luglio 1842 che l'attenzione degli astronomi venne attratta da quelle protuberanze, che si lanciavano tutt' in giro alla Luna a guisa di gigantesche fiamme di color rosa o di fior di pesco. (Erano già state vedute ad occhio nudo, specialmente nel 1239, nel 1560 e negli anni 1605, 1652, 1706, 1724, 1733 e 1766, ma gli astronomi le credevano illusioni ottiche.)

Lo stupore destato da questo fenomeno inaspettato, non consentì loro di fare delle osservazioni precise, di maniera che v'ebbe completa discordanza fra le varie relazioni. Bailly rimarcò tre prominenze assai ampie, ripartite quasi uniformemente dalla stessa parte. Airy ne osservò tre in forma di sega, ma collocate in cima. Arago ne scorse due dalla parte inferiore del disco. A Verona queste fiamme continuarono ad essere visibili dopo la ricomparsa del Sole. Siffatte appendici avevano delle dimensioni enormi: l'astronomo francese Petit misurò l'altezza di una di esse e la trovò di 1′ 45″, che equivale a 6 diametri terrestri, quanto dire a 80 mila chilometri.

La natura di queste protuberanze non tardò a diventar oggetto di discussione. Dapprima si presero per montagne; ma una tal opinione non si poteva conciliare colle osservazioni di Arago, per la ragione che alcune di quelle supposte montagne erano assai pendenti, tanto da rendere impossibile l'equilibrio. La maggior parte degli scienziati le considerarono come fiamme o come

nuvole. Si parlò persino di intaccature vedute nel disco della Luna, di fiamme di lampi, di nubi e di temporali sospesi nell'atmosfera della Luna.

Si aspettava con impazienza l'eclisse del 1851, che doveva esser totale in Svezia. Il signor Airy, direttore dell' Osservatorio di Greenwich, organizzò una spedizione incaricata di prendere delle misure precise. Al momento della totalità osservò dapprima una protuberanza che aveva la forma di una squadra terminante in punta; al di sotto trovavasi un picciol cono, e più lontano una piccola nube sospesa. Un po' più tardi discernè una punta; poi in capo ad un minuto una protuberanza ed un arco di color roseo. Gli altri osservatori notarono gli stessi fenomeni, con piccole differenze di forme.

Queste osservazioni permisero di formulare con certezza le seguenti conclusioni: 1.° Le protuberanze non sono montagne; tale ipotesi è inconciliabile colle loro forme; 2.° Si debbono considerare come masse gasose, d'aspetto assai analogo a quello delle nostre nuvole; la curvatura dei loro contorni ricorda abbastanza bene il fumo che sfugge dai nostri vulcani; 3.° La varietà delle forme attribuite ad una stessa protuberanza può dipendere da effettive variazioni, ma può anche ascriversi a poca esattezza nei disegni; 4.° Esiste una evidente relazione fra queste protuberanze e gli archi rosei già osservati nel 1842, ma che furono osservati molto meglio questa volta; si può legittimamente supporre che questi archi formino la parte visibile di uno strato continuo che involge completamente il Sole; 5.° Le dimensioni delle protuberanze vedevansi aumentare dal lato che la Luna abbandonava, e scemare da quello verso cui procedeva: dunque la sede del fenomeno è nel Sole; 6.° Non tutti gli osservatori hanno visto lo stesso numero di protuberanze; non hanno assegnato ad esse esattamente il medesimo posto, ciò che devesi alla celerità delle osservazioni.

L'eclisse del 1860, totale in Spagna, fu osservato allo stesso intento dall'astronomo italiano Secchi e dall'inglese Warren de la Rue, che ne presero la fotografia. La figura 140 rappresenta la prima prova ottenuta immediatamente dopo il principio della totalità. Essa contiene sette protuberanze principali.

A. Protuberanza con due vertici vicinissimi e poco elevati.

C. Grande protuberanza in forma di nuvola, inclinata di 45°, arrrotondata alla base, acuminata in cima con struttura elicoidale.

E. Piccole nubi scioltissime, il cui insieme forma un corpo ricurvo, avente un'altezza di circa 2' 40".

H. Ammasso complicato di piccole nubi.

G. Ammasso enorme di materia brillante che solarizzò le prove, di maniera che i dettagli interni sparvero. La sua forma arrotondata prova ch'essa non era a contatto col Sole, ma sospeso nella sua atmosfera. Questa protuberanza veduta col cannocchiale offriva l'aspetto di una catena di monti.

I. Fiamma gigantesca, o piuttosto cumulo enorme, nel quale discernevansi delle tinteggiature di giallo e di rosso.

K. Prominenza a due vertici, uno dei quali, più sciolto e meno vivo, si prolunga in forma di corno.

In tutta la parte sinistra non si osserva alcuna protuberanza.

La linea nera *XY* rappresenta un filo teso nel cannocchiale e nel verso del parallelo celeste, allo scopo di determinare la posizione delle protuberanze rispetto all'equatore solare.

Si ha qui la metà destra del Sole, poichè la Luna viene da mancina. Alla fine dell'eclisse la Luna essendosi avanzata ed avendo resa libera la metà sinistra, si scorsero le pretuberanze disegnate nella figura 141.

Queste osservazioni provarono, che oltre alle protuberanze, esiste uno strato della stessa materia, che avvolge il Sole da ogni parte. Le protuberanze provengono da quello strato: sono masse che si sollevano al disopra della superficie generale e qualche volta ben anco se ne staccano. Alcune fra esse rassomigliano al fumo che esce dai nostri fumajuoli o dai crateri dei vulcani, e che giunto ad una certa altezza obbedisce ad una corrente d'aria piegandosi orizzontalmente.

Il numero delle protuberanze era incalcolabile. Nell'osservazione diretta il

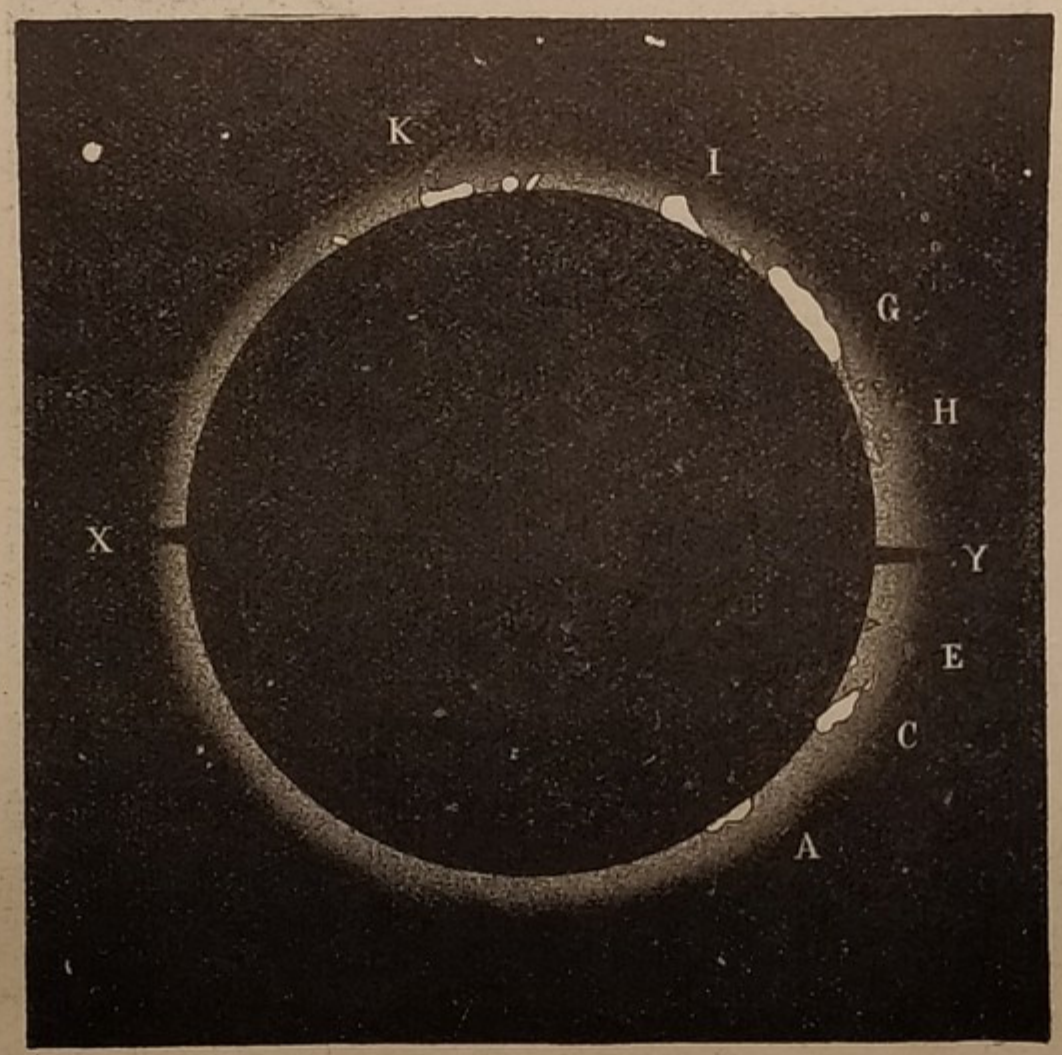


Fig. 140. — Protuberanze osservate intorno al Sole durante l'eclisse del 1860. Prima metà.

Sole parve circondato da fiamme; erano talmente numerose che sembrava mpossibile poterle contare. Il mio compianto amico Goldschmidt, la cui vista era tanto acuta, le vide prima e dopo la totalità.

L'altezza delle protuberanze era assai considerevole, specialmente se si considera che, per stimarla, bisogna tener conto della parte eclissata dalla Luna. Perciò la protuberanza *E* non aveva meno di 3 minuti d'altezza, che or risponde a dieci volte la lunghezza del diametro della Terra; le altre per la maggior parte, s' inalzavano fino di 1 e 2 minuti.

Noi ora sappiamo che il numero delle protuberanze varia col tempo. Nel 1860 il Sole trovavasi in un periodo di grande attività.

I fenomeni osservati durante questa eclisse sono stati confermati da tutte le

osservazioni posteriori. All'avvicinarsi dell'eclisse del 18 agosto 1868 si progettò di studiarla particolarmente mettendo a profitto le nuove scoperte dell'*analisi spettrale*, studio meraviglioso di cui fra breve esporremo i principî.

Le questioni da risolvere erano le seguenti:

1.° Se le protuberanze constino di materia solida, e si debbano paragonare a nuvole semplicemente incandescenti, o se siano invece delle masse veramente gasose;

2.° Quali siano le sostanze che entrano nella loro composizione.

Il primo di questi due quesiti doveva esser risolto appena si fosse rivolto uno spettroscopio verso le protuberanze; si trattava semplicemente di vedere se lo spettro era o no continuo.

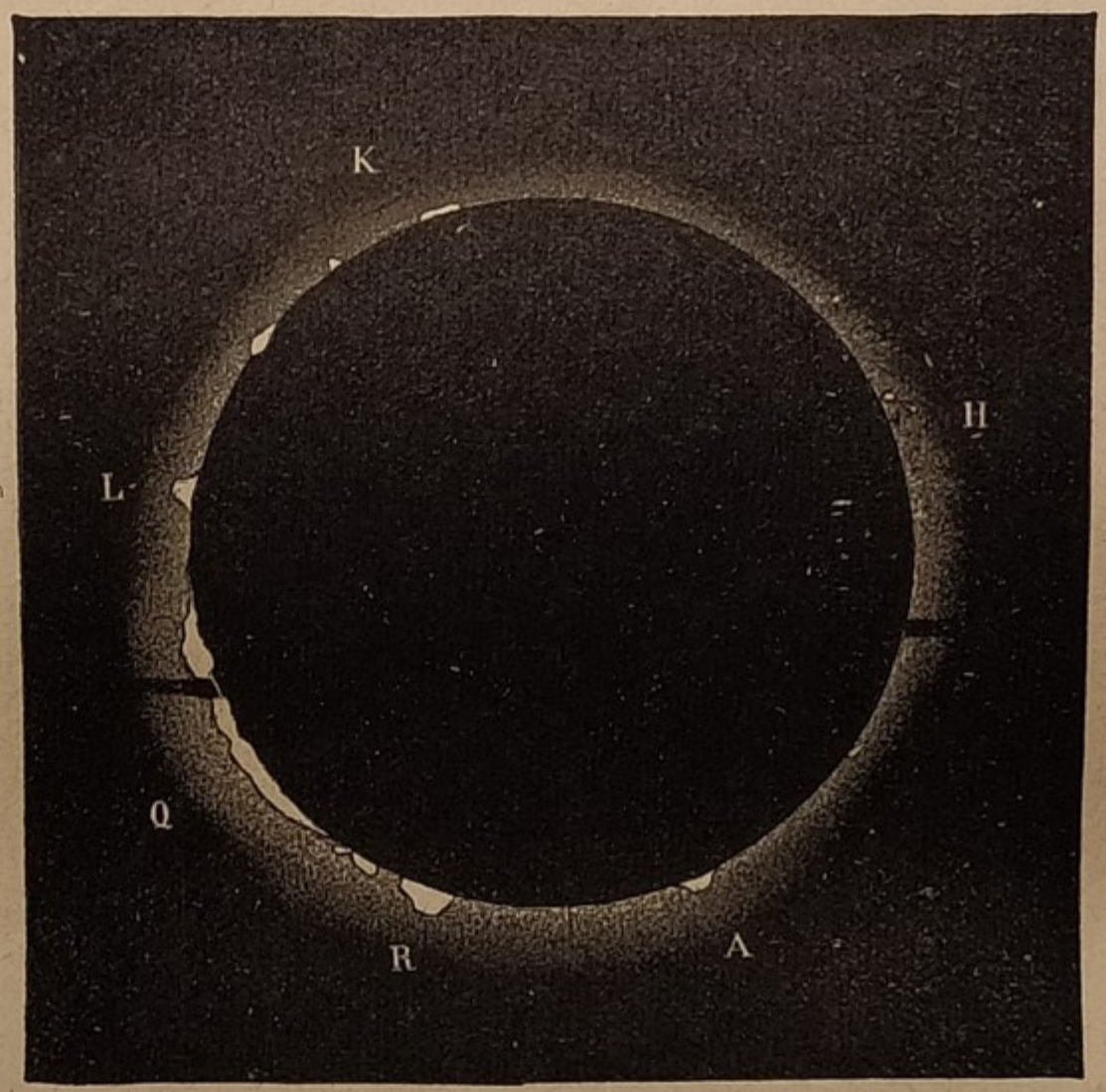


Fig. 141. — Umalti fase dell'eclisse del 1860. Protuberanze orientali.

Gli osservatori più fortunati furono Janssen a Guntoor, Rayet a Malacca, il capitano Herschel e il maggiore Tennant a Guntoor, Weisse ad Aden. L'eclisse presentò circostanze assai favorevoli; una enorme protuberanza dieci volte più grande della Terra fu immediatamente scorta dagli osservatori, che puntarono su di essa tutti i loro istrumenti e constatarono immediatamente uno spettro discontinuo formato da un picciol nnmero di righe bianche. La prima parte del problema era dunque risolta; erasi acquistata la certezza che le protuberanze sono masse gasose. Si trattava in seguito di conoscere la natura delle sostanze che le compongono, e questo secondo quesito non era così semplice come il primo, giacchè bisognava fissar la posizione delle righe rispetto a una scala qualunque, prendendo per termine di confronto lo spettro

di una sostanza conosciuta o quello del Sole. Rayet e Janssen riuscirono a determinare queste posizioni ed a constatare che la sostanza fondamentale delle protuberanze è l'*idrogeno*.

Questo studio era certamente incompleto, poichè bisognava assicurarsi dell'identità delle diverse righe. Questa determinazione pareva esigere l'attesa di una nuova eclisse, ma Janssen ci ha dispensato da questo lungo ritardo mercè una scoperta della massima importanza. Egli fu vivamente colpito dello smagliante splendore di alcune delle righe delle protuberanze, e fra sè stesso allora si chiese se quelle stesse righe non sarebbero per avventura visibili di pieno giorno. Disgraziatamente il cielo si coprì di nubi poco tempo dopo la

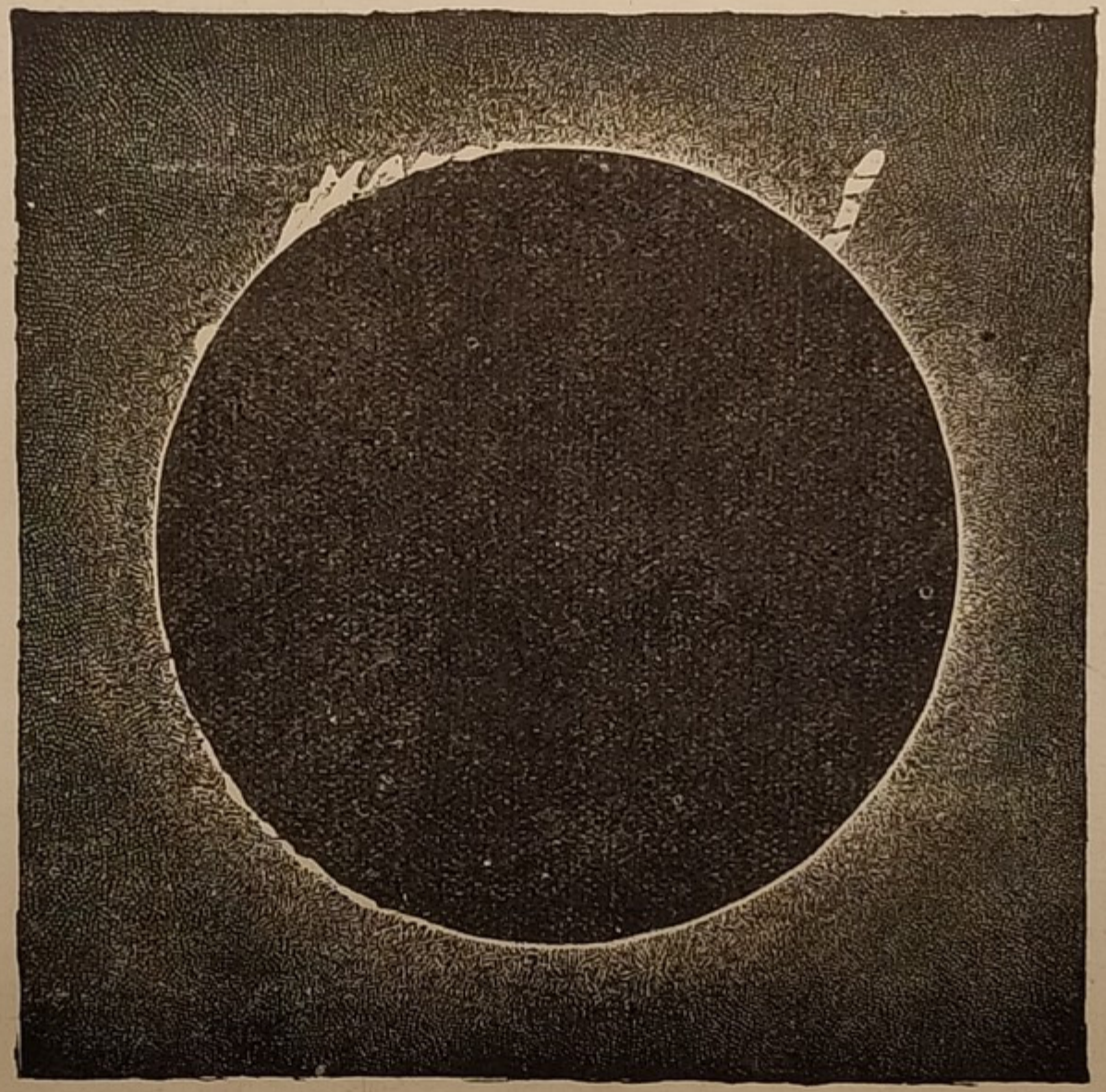


Fig. 142. — Protuberanze dell'eclisse del 1868.

eclisse, e quel giorno gli fu impossibile verificare la sua congettura. L'indomani stesso, però, si pose all'opera ed ebbe l'insigne fortuna di vedere, a giorno fatto, le righe delle protuberanze. La fessura del suo spettroscopio (vedi più innanzi) essendo esattamente tangente al lembo del disco solare in un punto in cui il dì prima aveva notata una fiamma, scorse una riga brillante colorata in rosso; poi nel bleu un'altra riga brillante. Queste due righe sono precisamente quelle dell'idrogeno, e, per conseguenza, questo gas è la principale delle sostanze che compongono le protuberanze.

Lo stesso giorno in cui questa notizia giunse in Europa (20 ottobre 1868) il signor Lockyer annunciava che, egli pure da parte sua, aveva potuto vedere, sull'orlo del Sole, le righe dell'idrogeno. Come si vede, il frutto era maturo.

Questo metodo di osservazione permette di vedere in ogni tempo le protuberanze del Sole, le quali prima non erano visibili che durante le eclissi totali. Ecco ora in che modo si accerta allo spettroscopio l'esistenza di queste protuberanze. Si fa scorrere l'apparecchio, adattato all'oculare di un cannocchiale (ne daremo più tardi la descrizione), lungo il lembo del Sole. Questo apparecchio termina con una stretta fessura. Disponendo questa fessura parallelamente (tangenzialmente) al lembo del disco del Sole, allorchè incontra una protuberanza si vede variare la lunghezza della linea brillante dell'idrogeno, che caratterizza queste fiamme; la variazione della lunghezza della riga indica la forma della protuberanza. La figura 143 fa agevolmente intendere questo processo. Il lembo del Sole è rappresentato dall'arco RR; in P v'ha una protuberanza; le rette $S_1 S_1$, $S_2 S_2$ rappresentano le successive posizioni della fessura dello spettroscopio.

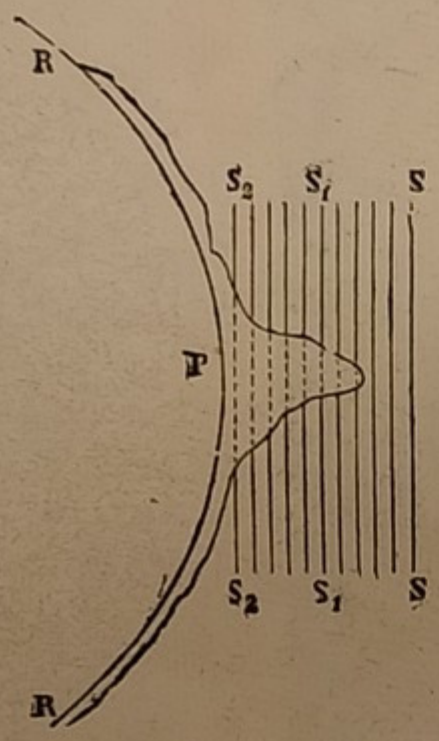


Fig. 143. — Esame di una protuberanza veduta attraverso la fessura dello spettroscopio.

Procedendo in questa maniera, si giunge a disegnare il contorno del Sole tal quale lo si vedrebbe direttamente se non si fosse abbagliati dalla luce dell'astro. Ecco, per esempio, (fig. 144) il disegno d'insieme del Sole osservato il 23 luglio 1871; vi sono diciassette protuberanze rivelate dallo spettroscopio, ognuna a suo posto. È così che si può studiare il loro rapporto colle macchie.

Cotesti studî hanno provato che il globo solare è circondato da una atmosfera, principalmente costituita d'idrogeno rosa, dalla quale si sollevano quelle eruzioni, composte esse pure di questo gas. Questo strato ricevette il nome di *cromosfera* (da *chromos,* colore). Il lembo solare offre dunque costantemente i più variati aspetti.

In taluni Osservatorî si osservano e si disegnano tutti i giorni queste protuberanze, per esempio a Roma, ove le studiai nel 1872 in compagnia dell' illustre Padre Secchi. Si è altresì fondata in Italia una società astronomica speciale per questo studio sotto il nome di « Società degli spettroscopisti » che ha sede a Palermo. Essa ha già pubblicato un gran numero di disegni, di cui possono dare un'idea le incisioni che seguono. La fig. 145, disegnata il 21 aprile 1873, rappresenta un frammento del lembo del Sole; vi si notano delle vestigia di macchie e di facule. Dall'orlo sfuggono delle fiamme in forma di getti che si lanciano nell'atmosfera del Sole fino a 40 mila chilometri di altezza. Il globo solare è circondato da fiamme identiche. Talvolta mostra una calma relativa. Talvolta, al contrario, hanno luogo eruzioni violenti e formidabili.

L'intensità luminosa dei getti è sempre assai forte. Si manifestano alcune volte sotto forme magnifiche che ricordano, superandoli in magnificenza e

grandiosità, certi stupendi *bouquets* dei nostri fuochi artificiali. I rami, ricadendo in parabole più o meno inclinate, sono di una bellezza per così dire artistica. Alcuni getti rappresentano la testa di magnifici palmizî colle loro graziosissime curve. Più soventi il fusto, assai vivido e assai brillante, sembra, ad una certa altezza, dividersi in rami. Si vede la capigliatura superiore ora trascinata dal vento nella direzione del getto, e talora respinta in verso opposto alla direzione del fusto. Queste forme sono sempre compatte, filamentose alla base e terminate in filetti. La loro luce è tanto vivida, che le si veggono anche attraverso le nubi leggiere, mentre la cromosfera scompare; il loro spettro indica, oltre l'idrogeno, la presenza di parecchie altre sostanze.

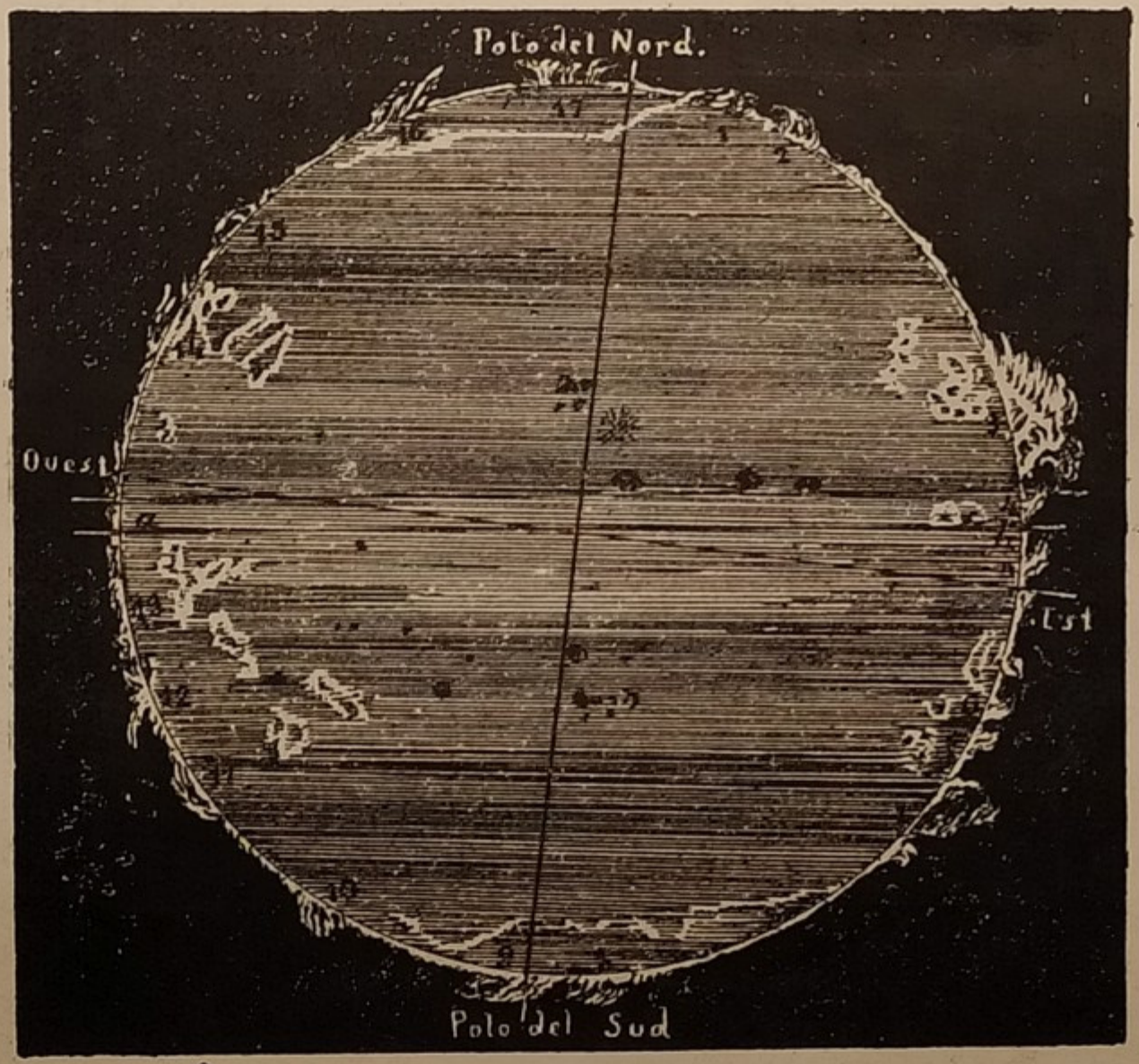


Fig. 144. — Insieme delle protuberanze solari.

Sono veri manipoli (*gerbes*), ben effimeri; è raro che durino un'ora; è spesso anzi l'affare di pochi minuti.

Tutti codesti aspetti sono rappresentati nella figura 146; getti, manipoli, pennacchî e nuvole. I pennacchî (N. 4 e 5) consistono sopratutto in masse di filamenti, larghe alla basse e restringentisi in punta (*a*), (*b*), (*c*). Si incontrano, sia diritti (*b*), sia curvati sotto l'evidente azione delle correnti che li trascinano. Non è raro che si vedano in questi pennacchî delle doppie inflessioni ben marcate (*c*), (*d*), (*e*) come se il getto si elevasse in spirale. Una forma assai bella e non rara è la forma *f*, che s'attacca alla cromosfera mercè una lingua assai sottile e si erge su quel peduncolo, espandendosi a guisa di fiore.

Codeste forme possono raggiungere tutte le altezze. Ordinariamente, ad una certa elevazione esse si sviluppano in nastri e in nubi (N. 6 e 7). Il pennacchio *a* (N. 7) è terminato da una massa nuvolosa diffusa da un'altezza relativamente piccola. Il pennacchio *b* si eleva a guisa di corno, ed è tagliato in tre piani di nubi. Il pennacchio *d* mostra una nuvola che gli sembra contigua. Il filamento *c* è isolato, e si ripiega cadendo normalmente. Può darsi qualche volta che queste nubi sieno semplicemente projettate sui pennacchî, ma si vedono soventi formarsi alla loro cima.

Si trovano talfiata questi pennacchî accoppiati (N. 8) (*a*), o convergenti (*c*), o riuniti, ma con diverse inclinazioni (*b*). È probabile che una gran parte di queste forme sieno dovute ad effetti di prospettiva, e che le loro basi sieno

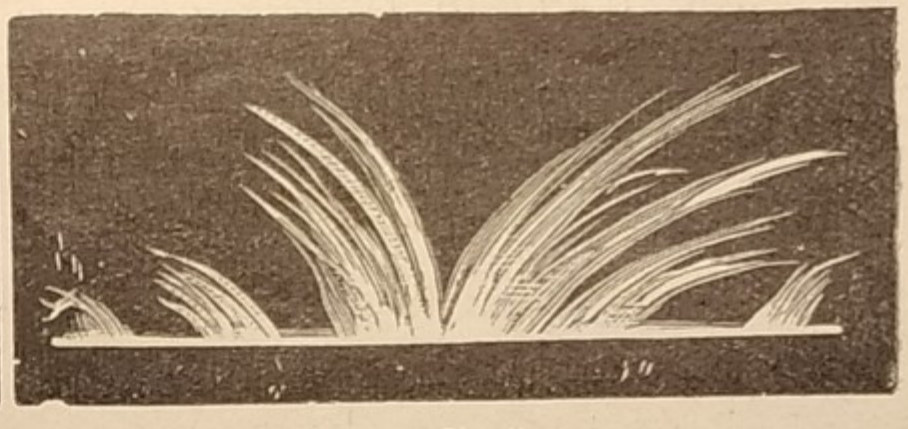
Fig. 145. — Un'esplosione nel Sole.

lontanissime fra loro nella direzione del raggio visuale. Parecchie s'incrociano in modo singolare projettandosi le une sulle altre.

Queste masse raggiungono enormi elevazioni, da 150 a 200 secondi, talvolta sin 240 secondi. La loro sommità è tuttavia, in generale, frastagliatissima e somigliante in tutto agli ammassi di cirro-cumuli che noi vediamo all'estremità delle nubi temporalesche, e che producono un cielo *pomellato*. Certune forme di protuberanze si distendono anche come vere nuvole del cielo solare (N. 11 e 12).

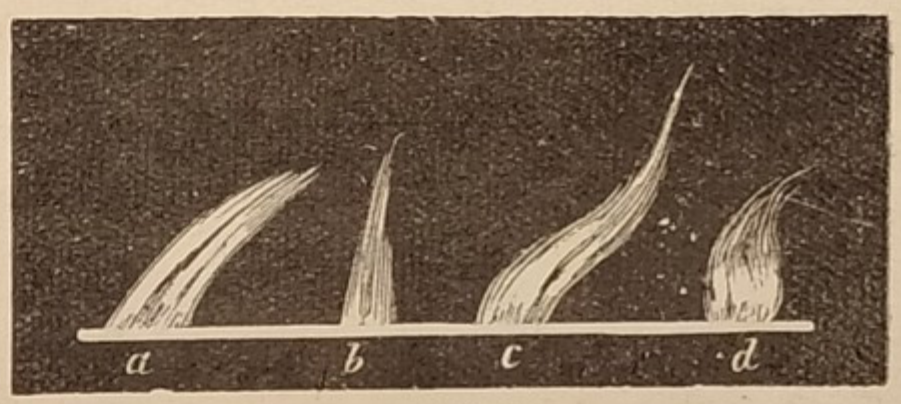
Lo studio della superficie dell'astro diurno continua attivamente; mercè la indefessa attività di un gran numero di osservatori. Una delle più singolari osservazioni che sieno state fatte in questo studio importante, ed una di quelle che più dell'altre possono darci l'idea delle energiche forze attive alla

N. 1.



N. 2.

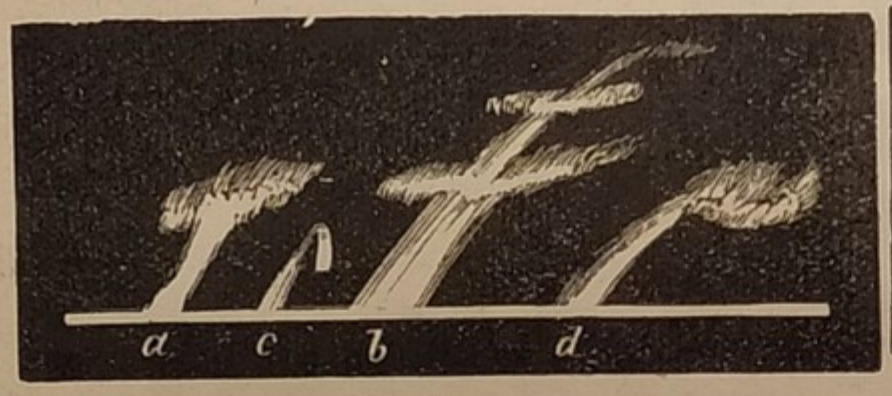
N. 3.



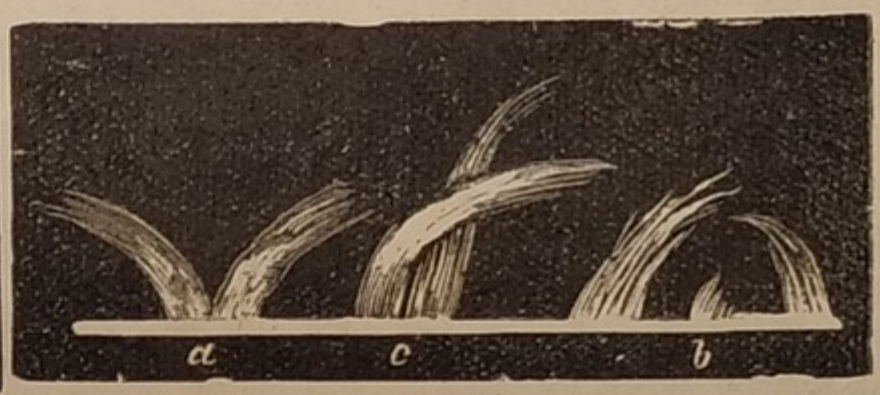
N. 4.

N. 5.

N. 6.



N. 7.



N. 8.

N. 9.

N. 10.

N. 11.

N. 12.

Fig. 146. — Diverse forme di protuberanze.

superficie di questo astro immenso, è, senza dubbio, quella fatta dal professore Young in America, e che ha côlto sul fatto una *formidabile esplosione d'idrogeno* nell'atmosfera solare. Riassumiamo la relazione dell'autore.

Il 7 settembre 1871, fra mezzodì e 2 ore, ebbe luogo un'esplosione dell'energia solare, considerevole per la sua istantaneità e la sua violenza. L'autore aveva osservato una enorme protuberanza o nube d' idrogeno sul lembo orientale del Sole. Essa si era conservata senza quasi veruna alterazione fin dal mezzodì precedente, in forma di nube lunga, bassa e tranquilla. Era principalmente formata di filamenti, la maggior parte quasi orizzontali, e galleggiava sopra la cromosfera, mantenendo la sua superficie inferiore ad un'altezza di circa 24 000 chilometri; ma essa le era attaccata, come ha luogo ordinariamente, mediante tre o quattro colonne verticali più brillanti e più attive del rimanente. Aveva 3′ 45″ di lunghezza e circa 2′ di altezza alla superficie superiore, vale a dire, a un dipresso 161 mila chilometri di lunghezza e 88 mila di altezza. La colonna all'estremità meridionale della nuvola, era diventata molto più brillante ed era curvata in modo singolare da un lato. Presso la base di un'altra colonna, all' estremità nord, erasi sviluppata una piccola massa brillante, molto somigliante per la sua forma alla parte superiore di una nuvola temporalesca d'estate. La figura 147 rappresenta la protuberanza in questo momento; *a* è la piccola nube temporalesca.

Fig. 147. — Una esplosione solare. Prima fase.

A un'ora l'astronomo ponendo di nuovo l'occhio al cannocchiale che aveva lasciato da una mezz'ora, fu straordinariamente maravigliato di trovare che, in quell'intervallo, tutto era stato letteralmente ridotto in pezzi da qualche inconcepibile esplosione venuta dal basso. In luogo della nube tranquilla che aveva lasciato, l'aria, se si può usare questa espressione, era piena di avanzi galleggianti, di una massa di filamenti verticali, fusiformi e separati, aventi ciascuno da 16 a 30 secondi di lunghezza sopra 2 o 3 di larghezza, più brillanti e più vicini tra loro dove trovavansi dapprima le colonne, ed elevantisi rapidamente.

Alcuni avevano già raggiunto un'altezza di forse 4 minuti (176 mila chilometri). Poi, sotto gli occhî stessi dell'osservatore, s' inalzarono con moto quasi percettibile all'occhio, ed in capo a dieci minuti, la maggior parte trovavasi a più di 300 mila chilometri al disopra della superficie solare! Questa

spaventosa eruzione fu accertata con misure prese con molta cura; la media di tre determinazioni assai concordi ha dato 7′ 49″ per l'altezza estrema a cui furono lanciati i getti; cosa tanto più singolare in quanto che la materia cromosferica (idrogeno rosso in questo caso) non era mai stata osservata ad un'elevazione maggiore di cinque minuti. La velocità dell'ascensione *(267 chilometri al secondo!)* è comsiderevolmente maggiore di qualunque altra che siasi mai osservata.

Fig. 148. — Una esplosione solare. Fase massima.

La figura 148 può dare un'idea generale del fenomeno al momento in cui i filamenti erano alla loro maggior altezza. Mano mano che questi filamenti s'inalzavano, si indebolivano gradatamente come una nube che si dissolve, e ad $1^h\ 15^m$ non rimaneva ad indicare il posto, che un picciol numero di leggieri fiocchi nuvolosi, con alcune fiamme basse più brillanti presso la cromosfera.

Ma nello stesso tempo la piccola massa simile ad una nube temporalesca s'era ingrandita e sviluppata in modo maraviglioso, in una massa di fiamme che s'arrotolavano e mutavano continuamente, per parlare secondo le apparenze. Dapprima le fiamme si addossarono in folla, come se si fossero allungate lungo la superficie solare; poi si elevarono in piramide ad un'altezza di 80 mila chilometri; allora il loro vertice si allungò in filamenti protratti ed arricciati in modo strano, dall'innanzi all'indietro e dall'alto al basso, a guisa di volute di capitelli jonici; finalmente esse si indebolirono, ed a $2^h\ 30^m$ erano svanite al paro del rimanente. La fig. 149 le rappresenta nel loro completo sviluppo; fu disegnata a $1^h\ 40^m$.

Fig. 149. — Fine dell'esplosione.

L'insieme del fenomeno suggerisce forzatamente l'idea di una esplosione verticale e violenta, seguìta rapidamente da un notevole indebolimento.

Nello stesso pomeriggio una parte della cromosfera del lembo opposto (occidentale) del Sole, si vide per parecchie ore in uno stato di eccitazione e di splendore fuori dell'ordinario.

La sera dello stesso giorno, 7 settembre 1871, vi fu in America una

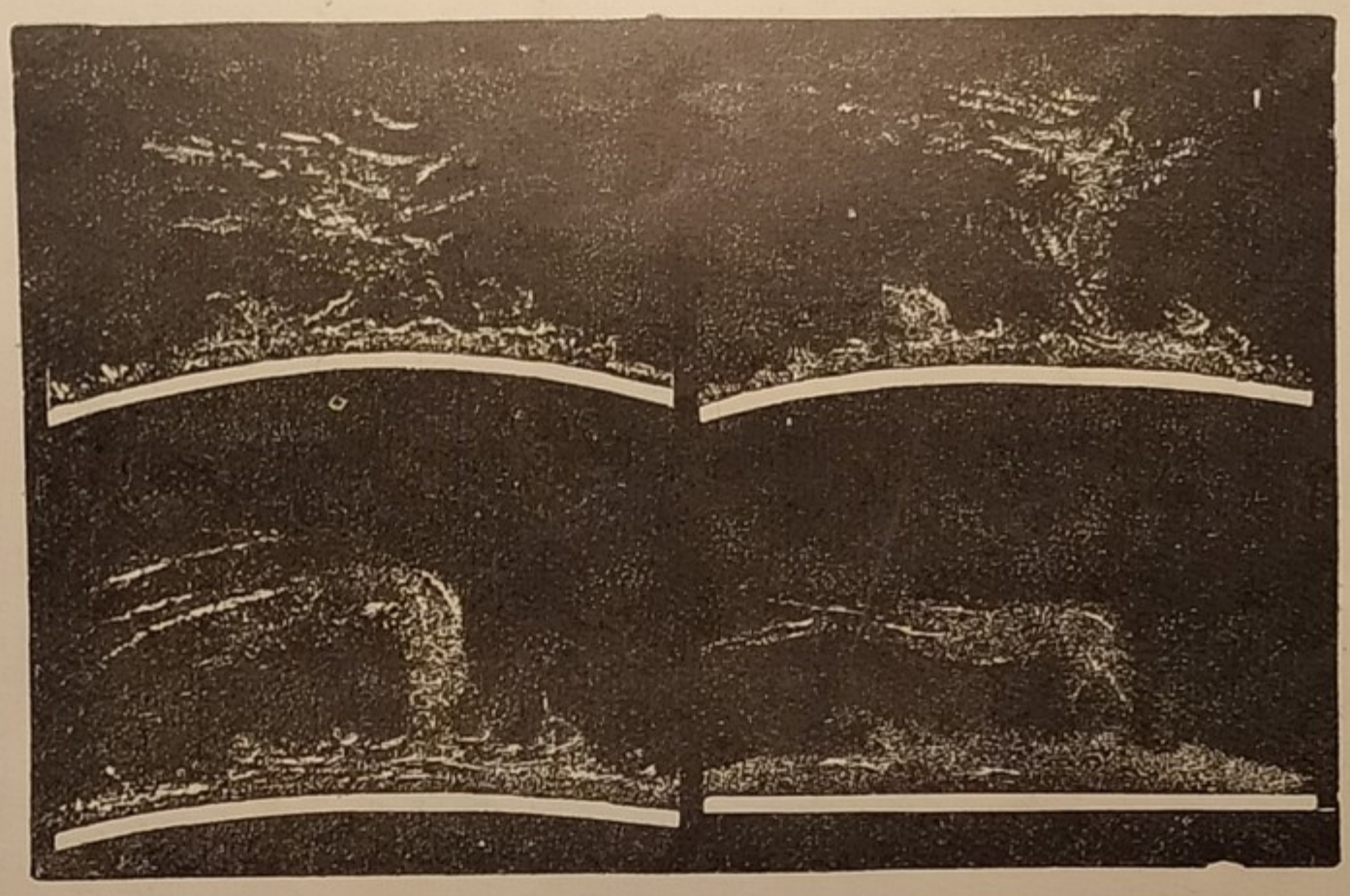


Fig. 150. — Leggerezza delle forme delle protuberanze.

bella aurora boreale. Era forse un riscontro a questa magnifica esplosione solare?

Ci manca spazio per citare tutte le varietà osservate in queste esplosioni. Consideriamone tuttavia alcune ancora particolarmente strane. La figura 150 ne presenta anzi tutto quattro che danno un'idea approssimata della leggerezza di queste forme.

Fig. 151. — Forma curiosa di un'eruzione solare.

Il 25 agosto 1872, fu osservata a Roma una protuberanza, specie di manipolo di idrogeno a ventaglio, somigliante ad un fiore di viola staccato dal suo calice. Questa massa era sospesa nello spazio, isolata; durò fino al domani diminuendo di grandezza (fig. 151).

Il 3 aprile 1873, si osservò al mattino, ad $8^h\ 45^m$, al disopra del lembo del Sole, una massa di idrogeno di un'altezza enorme. Si presentava come un ammasso di cirri leggieri e filamentosi; questi erano così arruffati da non

potersene trovar la trama e mutavano da un istante all'altro. In principio questa massa era allungata e diffusa, ma nello spazio di venticinque minuti si restrinse rapidamente e si trasformò in una specie di colonna ramificata (fig. 152) che s'inalzò fino a 7′ 29″: cioè ad un'altezza di 322 mila chilometri! è quanto dire quasi a un quarto del diametro solare.

MISURA SUCCESSIVA DI UNA PROTUBERANZA.

Ore dell'osservazione	Altezza in millimetri sulla imagine	Altezza in secondi di arco	Altezza in chilometri
8 h. 45 m.	mill. 30	259″	186 000
8 50	40	345	247 800
9 —	42	372	267 200
9 10	52	449 = 7′ 29″	322 500
9 15	44	380	272 900

Essa decrebbe in seguito rapidamente; a $9^h\ 36^m$ non si scorgeva più che una debole traccia di nuvola splendente, in corrispondenza alla parte più densa. Prendendo la differenza di altezza fra $8^h\ 45^m$ e $9^h\ 10^m$ si trova una velocità media di elevazione di 105 chilometri per secondo di tempo.

Fig 152. — Fiamma solare elevantesi fino al quarto del diametro solare. (Aprile 1873.)

Risulta altresì da questa osservazione che l'atmosfera solare deve elevarsi ad un'altezza di 8 minuti d'arco almeno; dacchè quell'estremità brillante doveva senza dubbio continuarsi con una massa oscura più estesa.

Ciò che bisognerebbe con un disegno tinteggiato poter rendere al vero, è il colore di queste fiamme solari. Ma v'ha una cosa che anche la pittura non potrà mai riprodurre, è la vivacità delle tinte che presentano quelle masse enormi, e la rapidità dei movimenti da cui sono animate. I migliori disegni saranno sempre dei corpi senza vita, de' veri cadaveri, se si confrontano coi grandiosi fenomeni della natura: codeste masse incandescenti sono in preda ad una attività interna in cui sembra respiri la vita; esse brillano di un vivo splendore e i colori che le abbelliscono costituiscono un carattere specifico, pel quale noi possiamo riconoscere, mercè l'analisi spettrale, la natura chimica delle sostanze che le compongono. I disegni più perfetti possono forse risuscitare questa vita solare?

Le materie che producono il fenomeno delle protuberanze sono generalmente dei gas incandescenti sollevati verso le regioni superiori da forze la cui origine ci è ancora nascosta. Codesti movimenti son essi il risultato della leggerezza specifica della materia luminosa, o voglionsi invece attribuire ad una

forza impulsiva proveniente dall'interno del globo solare? La seconda spiegazione è la più probabile. La sostanza non è semplicemente lanciata in linea retta, essa è anche animata di movimenti turbinosi, il che dà ai getti luminosi l'apparenza di spirali i cui assi prendono tutte le posizioni, da quella verticale fino all'orizzontale. Questi movimenti vorticosi, quelli sopratutto ad asse orizzontale, debbono necessariamente risultare da una forza eruttiva combinata con correnti di gran violenza, venti e tempeste solari.

Giunte ad una certa altezza, le masse luminose cambiano d'aspetto; esse si mescolano e si confondono, perdendo così l'apparenza filiforme per assumere quella nebulosa, come fumo che svanisca nell'aria; esse continuano a

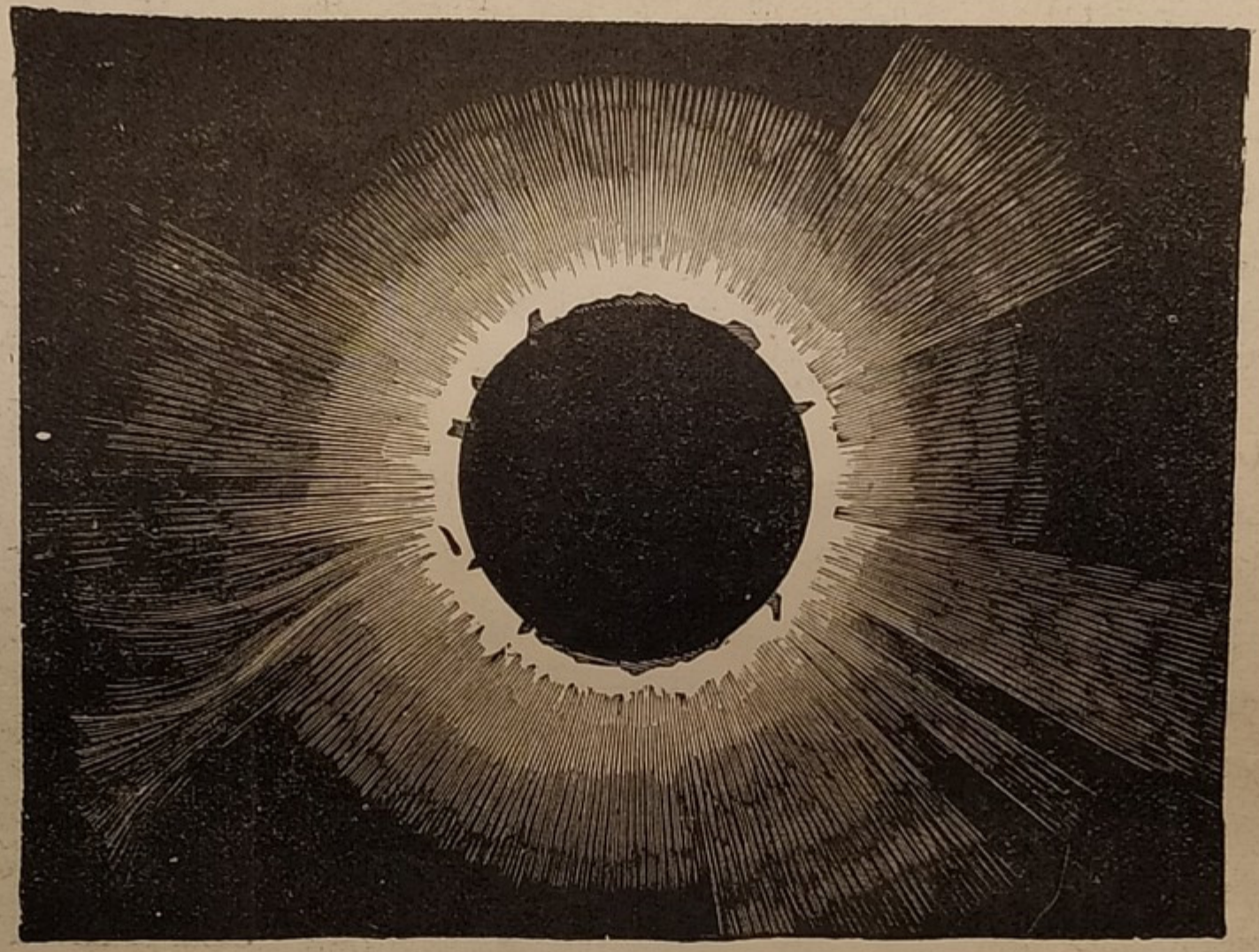


Fig. 153. — Corona e piumacci dell'eclisse del 1860.

salire, ma sono sempre più diffuse e finiscono collo sparire. Dobbiamo concludere che questi movimenti si compiono in un *mezzo resistente* il quale non è altro che l'atmosfera solare.

Qui si presenta naturalmente una questione della più alta importanza: l'idrogeno che si svolge in tal modo nelle eruzioni proviene dalla massa interna del Sole? Nel caso in cui si rispondesse affermativamente, ecco due conseguenze inevitabili: la massa interna deve esaurirsi, e per giunta l'atmosfera deve aumentare indefinitivamente per l'accumulazione del gas che non cessa di arrivarvi da tutte le parti.

Nelle epoche di grande attività, si vedono, in media, dodici o tredici centri d'azione ogni giorno; tenendo conto della rotazione solare, v'ha in ventiquattro ore, un quattordicesimo della superficie del globo solare che si presenta sul contorno del disco; possiamo dunque dire che vi ha allora un gran numero

di centri d'eruzione, duecento almeno in piena attività sulla superficie del Sole. Una massa enorme di idrogeno sfuggirebbe dunque senza tregua; è evidente che la massa interna finirebbe col tempo coll'esaurirsi e le condizioni fisiche dell'astro si troverebbero modificate in modo sensibile in un tempo relativamente breve.

Si è risposto a questa objezione opponendo il fatto della immensa massa della materia solare; l'idrogeno vi si trova sottoposto ad una pressione straordinariamente forte, e vi occupa uno spazio considerevole; potrà dunque bastare per migliaja e milioni di secoli alle eruzioni di cui siamo testimonî;

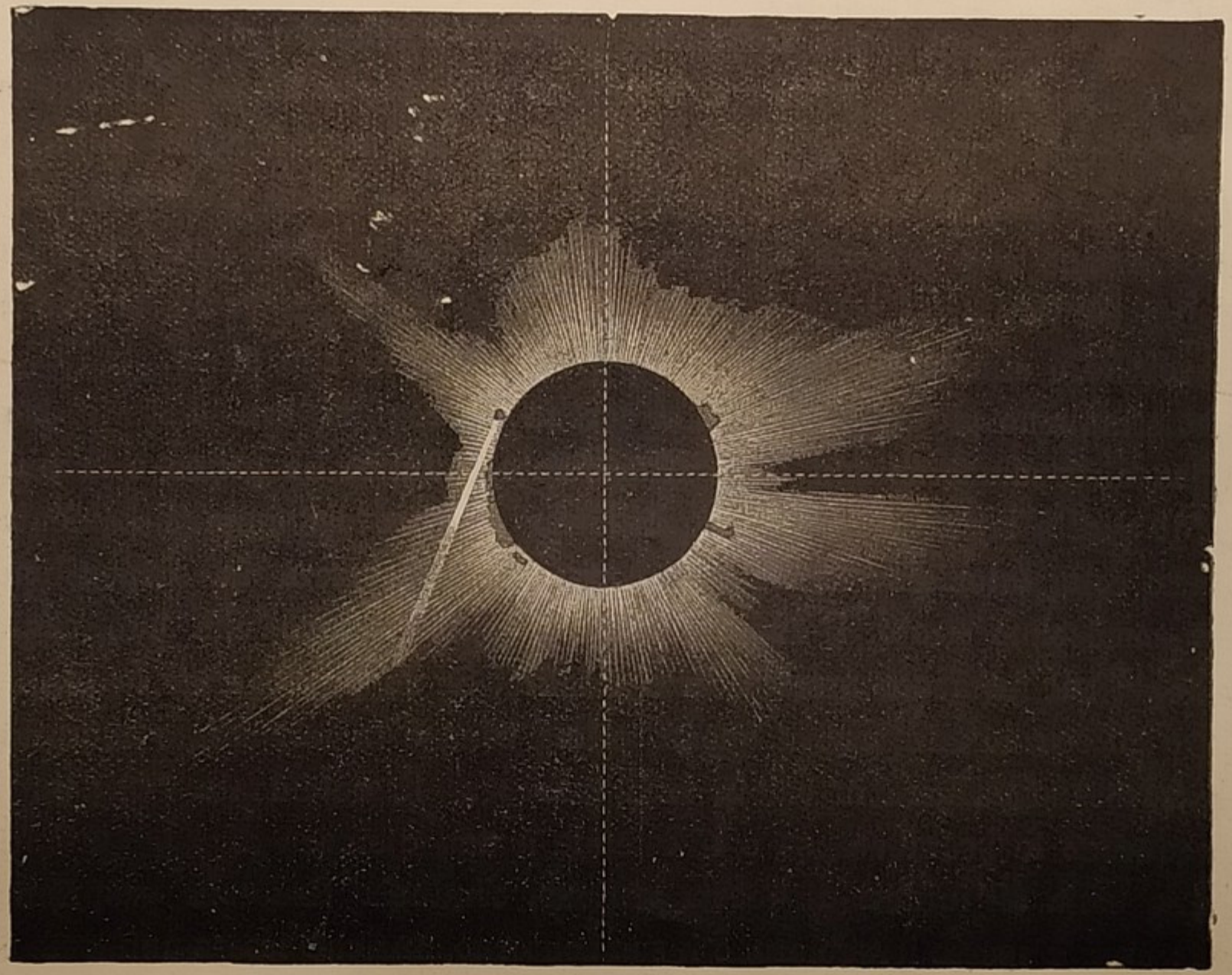


Fig. 154. — Corona e piumacci dell'eclisse del 1868.

senza dubbio si esaurirà; ma codesto esaurimento non si effettuerà che in un'epoca lontanissima, ciò che non ha nulla d'inverosimile.

La rapidità con cui si producono i movimenti e le trasformazioni testè descritte, è veramente straordinaria. Abbiam vista poco stante la velocità osservata da Young di 267 chilometri al secondo; Secchi ne cita una di 370, e Respighi va fino a 600, a 700 e persino a 800! Non bisogna però affrettarsi ad ammettere senza esame certe velocità esorbitanti. Un corpo lanciato dal basso all'alto con una velocità iniziale di 608 chilometri s'allontanerebbe indefinitamente dal Sole. Per conseguenza delle esplosioni capaci di imprimere ai corpi delle velocità di 600 a 800 chilom. cagionerebbero una diffu-

sione della materia solare negli spazî planetarî. È vero che siffatte esplosioni non hanno luogo nel vuoto: la resistenza dell'atmosfera del Sole diminuisce la velocità e può, in certe circostanze, impedire la diffusione di cui si parla. Ma se la velocità iniziale fosse realmente di 860 chilometri, la resistenza non basterebbe ad impedire che la materia oltrepassasse la sfera d'attrazione e si spandesse nello spazio.

Un tale effetto, d'altra parte, nulla ha d'inammissibile, e non proverebbe nemmeno che il peso del Sole vada diminuendo, attesochè la massa di aeroliti e di materiali che cadono incessantemente nel Sole può compensarne le perdite.

Quel che è certo si è che l'astro del giorno è realmente circondato da sostanze ignote che si estendono molto lontano tutt'intorno ad esso. Il fenomeno che più colpisce, quando si osserva un'eclisse ad occhio nudo, è l'aureola brillante che circonda la Luna, e che ha ricevuto il nome di *corona*. Gli antichi l'avevano notata, e ne avevano conchiuso che l'eclisse non è mai totale.

È difficile valutare l'intensità luminosa della corona, tuttavia si può ammettere che è almeno eguale a quella della Luna nel suo pieno.

Si distinguono generalmente nella corona tre regioni ben distinte, benchè le linee di separazione non siano nettamente definite. La prima e la più vivida di queste regioni è l'anello brillante che trovasi immediatamente in contatto colla fotosfera; la materia rosea sembra essere in sospensione in questo medesimo strato. Il suo splendore è talmente vivo che può cagionar dei dubbî sul momento preciso della totalità. Se ne può valutar la larghezza a 15 o 20 secondi. Intorno a questa prima zona e in immediato contatto con essa, trovasene un'altra in cui la luce è ancora discretamente viva; in essa si producono le protuberanze e si estende a una distanza di 4 o 5 minuti. Al disopra, ossia all'infuori di questa regione, comincia l'aureola propriamente detta; essa è spesso irregolare, e il suo contorno, anzichè essere uniforme come dapprima si era supposto, presenta sovente delle ineguaglianze e talora persino delle cavità molto profonde. Si chiamano pennacchî (*aigrettes*) quei lunghi getti rettilinei che si staccano dall'aureola, rassomigliante ai raggi o sprazzi di luce che sfuggono d'infra le nuvole quando il Sole è vicino all'orizzonte. Essi si prolungano spesso a distanze considerevoli.

La causa prima della corona e dei pennacchî risiede certamente nel Sole, ma le loro apparenze possono essere notevolmente modificate dalla presenza della Luna e dalle circostanze atmosferiche. Non si conosce ancora con certezza l'estensione della corona. Noi non apprezziamo che il limite che è determinato dal potere ottico dei nostri strumenti, dalla sensibilità fisiologica della nostra retina e dalla impressionabilità dei nostri preparati fotografici. Quanto alle regioni che oltrepassano questi limiti, noi non sappiamo niente.

Può esistere colà una sostanza più rarefatta che non eserciti alcuna azione apprezzabile sui nostri sensi. Forse quest'atmosfera si estende ad una distanza molto considerevole, fino alla luce zodiacale. Notiamo finalmente che esistono ammassi di materia cosmica analoghi alle nebulose, circolanti al paro delle comete nell' interno del sistema solare, e che, al momento del perielio, si trovano vicinissimi al Sole. Questo fatto non è forse estraneo a certe apparenze straordinarie osservate durante le eclissi.

La varietà di aspetti offerta da questo misterioso accompagnamento si può osservare nelle figure 98, 103, 153 e 154.

Ed ora, senza lasciarci abbagliare dallo splendore del benefico focolare della vita planetaria, penetriamo ancora più addentro nel suo magico santuario.

CAPITOLO V.

Le fluttuazioni dell'energia solare. — Variazione annua del numero delle macchie e delle eruzioni. — Periodo undecennale. — Singolari coincidenze. — Il magnetismo terrestre e le aurore boreali.

I fatti che precedono ci hanno appreso che questo astro colossale che ci illumina, anzichè essere calmo e tranquillo, è in vece la sede di una agitazione formidabile e incessante che ne fa palpitare tutto il corpo. Veniam qui a toccare di fatti ancor più maravigliosi. Questa prodigiosa energia che sembra alternativamente estinguersi e rinascere, manifesta i suoi effetti, non in una guisa costante od irregolare, ma con una determinata periodicità. Come il mare s'inalza col flusso, e col riflusso si abbassa, per risollevarsi di nuovo a intervalli regolari, come la respirazione isocrona del nostro petto che si dilata e si contrae, come i battiti del cuore dell'uccellino, visibili sotto le sue finissime piume, la fucina solare lancia dei baleni, riprende il suo soffio e ricomincia ad intervalli proporzionati alla grandezza e all'energia della gigantesca fornace.

Quest'armonica periodicità si fa sentire anche sulla Terra, nonostante la spaventosa distanza che ci separa dall'astro infuocato. Ogni undici anni, come abbiamo già veduto, il numero delle macchie, delle eruzioni e delle tempeste solari tocca il suo massimo; poi quel numero diminuisce durante sette anni e mezzo, giunge al suo minimo, e impiega in seguito tre anni e sei decimi per risalire al suo massimo. Il periodo è dunque di undici anni e un decimo. Ma varia il periodo stesso, accorciandosi talvolta di un anno, e talora superando i dodici anni.

Ma, è bene che ognuno verifichi i fatti. Ecco qui appresso il numero delle macchie contate sul Sole a partire dal 1826, anno in cui un astronomo dilettante, il barone Schwabe di Dessau, ebbe la ispirazione di contarle. Si vede che gli anni 1828, 1837, 1848, 1860, 1870-71 furono anni di massimo, laddove gli anni 1833, 1843, 1855, 1867, 1878 furono anni di minimo; il periodo di decrescenza è più lungo di quello d'aumento (è quel che accade anche pel riflusso del mare).

TAVOLA DEL NUMERO DELLE MACCHIE SOLARI NEL PERIODO 1826-1878.

Anni	Numero	
1826	118	
1827	161	
1828 massimo	225	5 anni
1829	199	
1830	190	
1831	149	
1832	84	
1833 minimo	33	4 anni
1834	51	
1835	173	
1836	272	
1837 massimo	333	6 anni
1838	282	
1839	162	
1840	152	
1841	102	
1842	68	
1843 minimo	34	5 anni
1844	52	
1845	114	
1846	157	
1847	257	
1848 massimo	330	7 anni
1849	238	
1850	186	
1851	141	
1852	125	
1853	91	
1854	67	
1855 minimo	28	5 anni
1856	4	
1857	98	
1858	202	
1859	205	
1860 massimo	211	7 anni
1861	201	
1862	160	
1863	124	
1864	130	
1865	93	
1866	45	
1867 minimo	25	4 anni
1868	101	
1869	198	
1870	305	
1871 massimo	304	7 anni
1872	292	
1873	215	
1874	159	
1875	91	
1876	57	
1877	48	
1878 minimo	19	

Ciascun massimo è più vicino al minimo precedente che al seguente, di modo che la curva che traduce graficamente questo periodo, presenta la forma disegnata nella piccola figura qui presso. Se sopra una retta orizzontale si inalzano undici perpendicolari equidistanti fra loro, e la cui altezza corrisponda, ovvero sia proporzionale al numero delle macchie corrispondente a ciascun anno, riunendo con una curva le estremità di quelle rette, si ottiene la fig. 155, sulla quale si tracciarono soltanto le verticali *(ordinate)* corrispondenti ai massimi ed ai minimi. Il numero aumenta durante 3 anni e $\frac{6}{10}$ e diminuisce in seguito durante 7 anni e $\frac{5}{10}$. I varî periodi non sono assolutamente identici, come si può scorgere nella figura 156, tolta dai lavori di Warren de la Rue (1832-1868); ma si è osservato che, se in un periodo la porzione decrescente è ritardata od accelerata, la parte ascendente del periodo che segue si allungherà o si accorcerà del pari. Si può seguire su questa figura l'andamento disuguale del fenomeno. La linea punteggiata indica i valori medî, la linea continua segna i valori reali. La fase più sagliente di questa curva è una recrudescenza sensibilissima che si manifesta pochissimo tempo dopo il massimo propriamente detto.

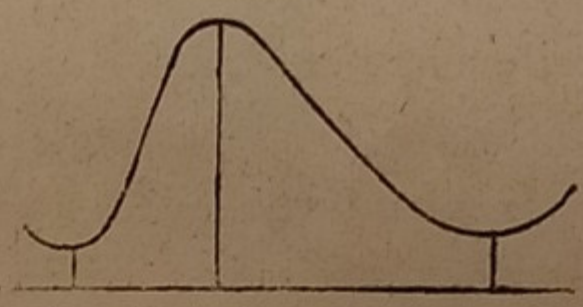


Fig. 155. — Curva undecennale delle macchie.

I passaggi dai massimi ai minimi sono accompagnati da una circostanza

assai curiosa: distribuendo le macchie secondo la loro longitudine e la loro latitudine sopra un diagramma assai ristretto, si trova che la loro latitudine va decrescendo mano mano che il periodo si avvicina al minimo; poi, quando il numero va crescendo, esse appajono ad una latitudine più elevata.

Siffatta periodicità fu il primo risultato delle assidue osservazioni di Schwabe. Essa fu tosto adottata da Wolf, allora direttore dell'Osservatorio di Berna, e oggi direttore di quello di Zurigo, malgrado l'opposizione degli altri astronomi, e confermata poi dalle sue osservazioni personali, non che da una ricerca di osservazioni e annotazioni fatte anteriormente sulle macchie solari dopo la loro scoperta. Questo astronomo riuscì a compilare il Quadro seguente delle date dei massimi e dei minimi, dall'origine delle osservazioni in poi.

TAVOLA DELLE EPOCHE DEI MASSIMI E DEI MINIMI DELLE MACCHIE SOLARI DOPO GALILEO.

Massimi				Minimi			
1615,0	= 1,5	1761,5	= 0,5	1610,8	= 0,4	1755,7	= 0,5
1626,0	1,0	1770,0	0,5	1619,0	1,5	1766,5	0,5
1639,5	1,0	1779,5	0,5	1634,0	1,0	1775,8	0,5
1655,0	2,0	1788,5	0,5	1645,0	1,0	1784,8	0,5
1675,0	2,0	1804,0	0,1	1666,0	2,0	1798,5	0,5
1685,5	1,5	1816,8	0,5	1679,5	2,0	1810,5	0,5
1693,0	2,0	1829,5	0,5	1689,5	2,0	1823,2	0,2
1705,0	2,0	1837,2	0,5	1698,0	2,0	1833,8	0,2
1717,5	1,0	1848,6	0,5	1712,0	1,0	1844,0	0,2
1727,5	1,0	1860,2	0,2	1723,0	1,0	1856,2	0,2
1738,5	1,5	1870,9	0,3	1733,0	1,5	1867,1	0,1
1750,0	1,0			1745,0	1,0	1878,3	0,1

Ma non le macchie solari soltanto vanno soggette a questa variazione periodica: lo sono ancora le *eruzioni*, di cui abbiamo più sopra descritti i movimenti tumultuosi e le sorprendenti configurazioni. Abbiam veduto che facendo scorrere lo spettroscopio lungo il lembo solare si osservano ogni giorno queste protuberanze fino dall'anno 1871. Mercè i lavori della « Società degli spettroscopisti italiani » ed in particolare di Tacchini dell'Osservatorio di Palermo, di Secchi e Ferrari a Roma, possiamo renderci conto della variabilità delle protuberanze, come si è fatto per le macchie. Dividendo il numero delle protuberanze contate sul Sole, per quello dei giorni durante i quali si son potute osservare, si trova il numero medio corrispondente a ciascun giorno. Con questo processo si è ottenuta la seguente tavoletta.

MEDIO DIURNO DELLE ERUZIONI SOLARI.

Anni	Numero	Anni	Numero
1871	15	1875	6
1872	12	1876	5
1873	9	1877	4
1874	7	1878	2

L'osservazione delle facule dà i medesimi risultati, variando pertanto d'anno in anno gli effetti visibili dell'energia solare. Non vuolsi dire per altro che il

numero delle macchie corrisponda sempre a quello delle eruzioni e a quelle delle facule; no, questi fenomeni sono tanto l'uno che l'altro intermittenti, e fino ad un certo punto indipendenti fra loro; ma il complesso delle manifestazioni della fisica solare presenta allo studioso della natura la curiosa fluttuazione undecennale che abbiam or messa in evidenza.

Attualmente (1879) il Sole ripiglia le sue forze e si prepara ad un prossimo massimo pel 1882. Nel 1878 non si poterono vedere che 19 macchie e 500 protuberanze, mentre che nel 1871 si erano potuto contare fino a 304 macchie e 2800 protuberanze; ciò probabilmente si ripeterà nel 1882.

Questa periodicità è un fatto dimostrato oggi colla certezza la più incon-

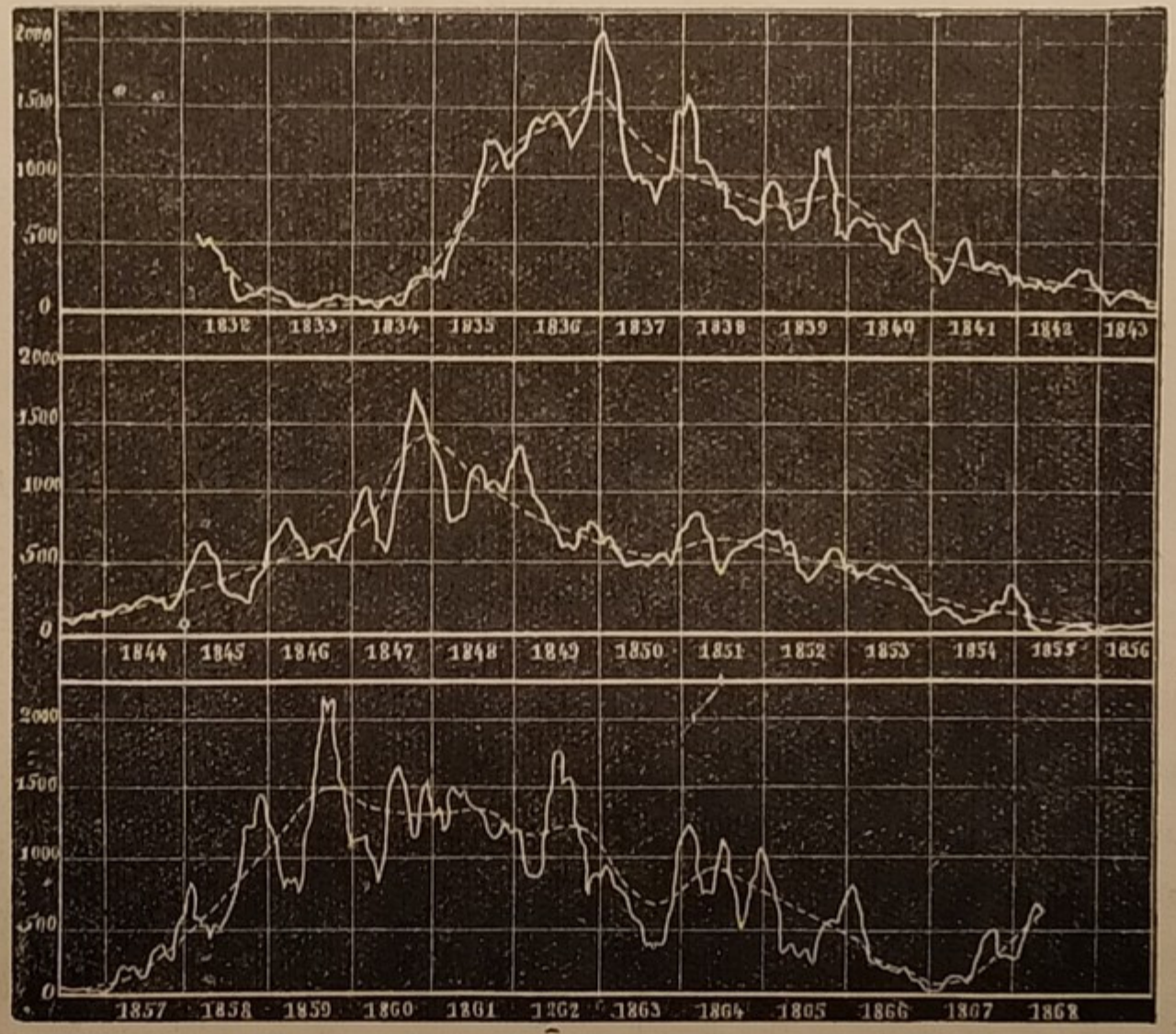


Fig. 156. — Oscillazioni nella variazione undecennale.

testabile; essa è stata scoperta da quegli che pel primo imaginò di contare le macchie del Sole.

Che bella lezione per i dilettanti d'Astronomia! Quante scoperte si possono fare così per la semplice curiosità e colla perseveranza! Che cosa vi era di più infantile in apparenza, che l'idea di divertirsi così a contare ogni giorno le macchie che si vedono sul Sole? Pertanto il nome di Schwabe rimarrà scritto negli Annali dell'Astronomia per avere scoperto questo misterioso periodo di dieci anni nella variazione delle macchie solari. Taluni astronomi non ci vedon spesso nulla in siffatte delicate ricerche, e Delambre, per esempio, la cui mente era ad un tempo così severa e così angusta, degnavasi appena di parlare di queste macchie; e aveva ben cura inoltre di non compromet-

tersi aggiungendo questa professione di fede: « *È vero che sono più un oggetto di curiosità che veramente utili.* » Se Delambre avesse compresa la grandezza dell'Astronomia, avrebbe saputo che in questa scienza non v' ha nulla che si possa trascurare.

L'osservatore tedesco aveva dapprima valutato il periodo a 10 anni. In seguito Wolf, di Zurigo, lo determinò con precisione colla cifra di anni 11, 11^m. Gli astronomi meticolosi tardarono assai ad ammetterlo; ma al dì d'oggi anche i più ricalcitranti sono costretti a riconoscerlo.

Non v'è effetto senza causa. Quale può essere la causa di questo commovimento della superficie solare?

Questa causa può trovarsi entro il Sole stesso, ma può anche essere esterna; se è interna, non sarà facile lo scoprirla; se è esterna, la prima idea che s' impone a noi è di ricercarla in qualche combinazione dei moti planetarî.

Tra i varî pianeti del sistema, ve n'ha uno che per la sua importanza ci si presenta pel primo, e si trova che precisamente la durata della sua rivoluzione intorno al Sole s'avvicina assai al predetto periodo. I nostri lettori sanno già che parliam di Giove, il cui diametro è solamente 10 volte minore di quello del colosso solare e la cui massa equivale ad un millesimo di quella dell'astro centrale. Circola intorno al Sole in 11 anni e 85 centes. di anni. Durante il corso della sua rivoluzione, la sua distanza dal Sole subisce una variazione sensibile. Questa distanza che è in media di 5,203 (posta = 1 quella della Terra), decresce al perielio fino a 4,950 e sale all'afelio a 5,456. La differenza tra la distanza perielia e la distanza afelia è di 0,506, vale a dire un poco più della metà della distanza della Terra dal Sole, ovvero di 19 milioni di leghe (circa 76 milioni di chilometri). È una cifra abbastanza rispettabile. Circolando per tal modo intorno al Sole, Giove esercita su di esso una attrazione facile a calcolarsi e sposta costantemente il suo centro di gravità, che non può mai, per conseguenza, coincidere col centro di figura della sfera solare, e si trova sempre attratto eccentricamente dalla parte di Giove. La attrazione degli altri pianeti impedisce che quest'azione sia regolare, ma non può impedirle di essere dominante.

Potrebbe darsi che questo movimento della massa solare, per piccolo che sia relativamente alla immensità di questa, si traducesse per noi nel fenomeno delle macchie, e che vi fosse, per esempio, un massimo di queste quando Giove attrae di più o di meno il centro solare. Se fosse veramente questa la causa della periodicità delle macchie solari, questa periodicità dovrebbe essere di 11 anni, 85.

Ma essa è più breve. Mentre Giove non ritorna al suo perielio che dopo 11^a, 85, il massimo delle macchie ritorna dopo 11, 11^m, vale a dire 74 centesimi d'anno, o 20 giorni più presto. Questa cifra è certissima giacchè emerge dalla discussione di tutte le osservazioni. Esiste forse nel sistema solare una

seconda causa di tal natura da obbligare il fenomeno ad anticipare sul perielio di Giove? Venere circola in 225 giorni intorno al Sole, e ogni 245 giorni circa incontra il raggio vettore di Giove. La Terra gira in 365 giorni, ed incontra il raggio vettore di Giove ogni 399 giorni. Questi due pianeti agiscono certamente sul Sole alla stessa guisa del pianeta gigante, ma con minore intensità. Se questa azione comune si traducesse in un aumento di macchie, si dovrebbero vedere nelle fluttuazioni delle macchie solari delle combinazioni del periodo di 11ª, 85, di Giove con quelle di 1 anno per la Terra e di 0,63 per Venere; sopratutto con quest'ultima, perchè Venere agisce con maggior intensità del nostro globo. Disgraziatamente questa combinazione non sembra produrre l'effetto osservato.

Che i massimi delle macchie solari siano cagionati dal perielio o dall'afelio di Giove, questi massimi dovrebbero sempre coincidere colle medesime posizioni. Ma all'incontro, ogni rivoluzione di Giove aggiunge la differenza di 0,74 che abbiam notata, e in capo a un certo tempo, di 13 a 14 rivoluzioni, l'azione è invertita. Ci è dunque giuocoforza, benchè a malincuore, rinunciare all'influenza di Giove.

È quanto puossi agevolmente verificare tracciando la curva delle macchie solari nell'anno 1750, a cui si è potuto risalire con sicurezza, fino ad oggi; e al disotto, per confronto, la curva delle variazioni della distanza di Giove dal Sole. Si vede che il primo *massimo* della distanza di Giove coincidette col primo *minimo* delle macchie solari; ma quando si arriva al 1803, le cose sono

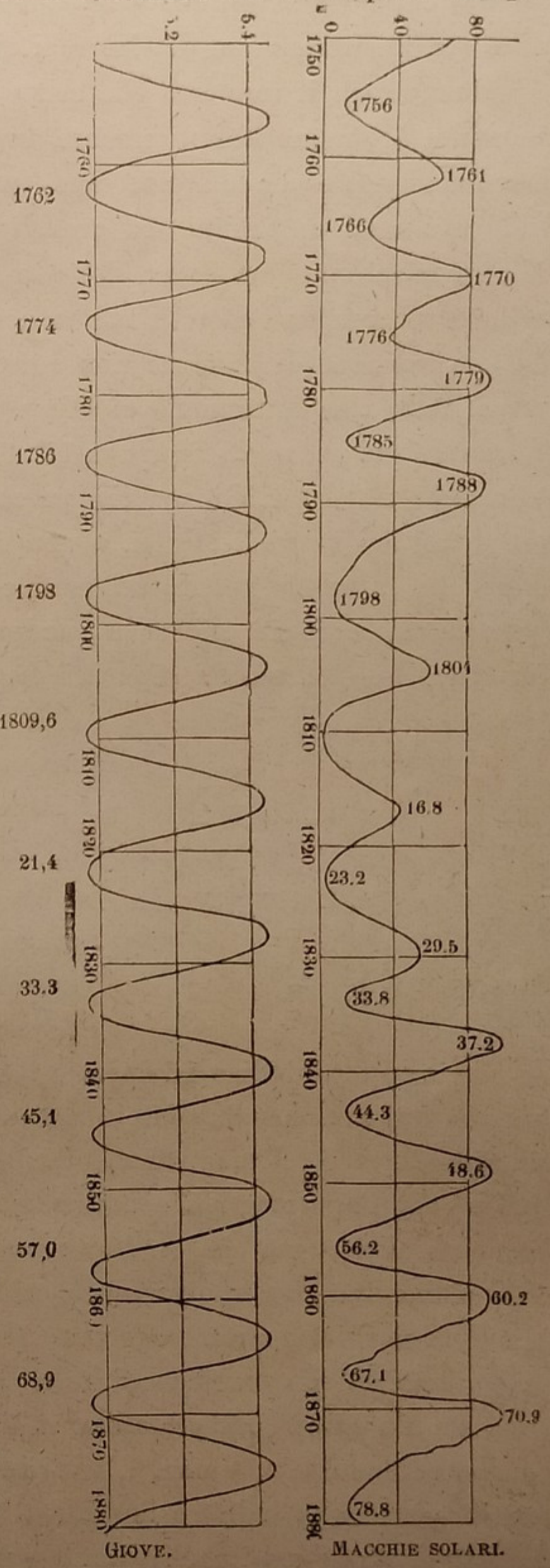


Fig. 157. — Confronto della variazione del numero delle macchie solari con quella della distanza da Giove dal Sole.

invertite e il *massimo* di Giove corrisponde col *massimo* del Sole. Attualmente (1879), il *massimo* di Giove si riaccosta di nuovo al *minimo* del Sole.

Qualunque sia il rapporto che esiste fra questi due periodi, il loro ravvicinamento è dunque semplicemente accidentale dacchè non si può logicamente ammettere che la stessa causa produca effetti contrarî, e che il perielio conduca ora ad un minimo ed ora ad un massimo.

Tuttavia, eliminiamo l'idea della variazione di distanza di Giove, e consideriamo soltanto la sua rivoluzione per un supposto circolare. Supponiamo che la variazione di distanza non agisca sensibilmente. Non resta però meno vero il fatto che l'attrazione di Giove fa ruotare il centro di gravità del Sole intorno al suo centro di figura in 11ª, 85. Le macchie trovansi desse sempre sul raggio vettore di Giove? No, perchè la Terra incrocia questo raggio vettore di tredici in tredici mesi, e non si vede più macchie su questo emisfero solare che su quello veduto sei mesi e mezzo prima. Inoltre il Sole ruota sopra sè stesso in 26 giorni e condurrebbe queste macchie in vista della Terra, poichè girano colla superficie solare. Sotto qualunque aspetto si consideri la cosa, noi siamo dunque sempre nostro malgrado condotti a eliminare l'influenza di Giove. Lo stesso dicasi, a maggior ragione, di tutti gli altri pianeti.

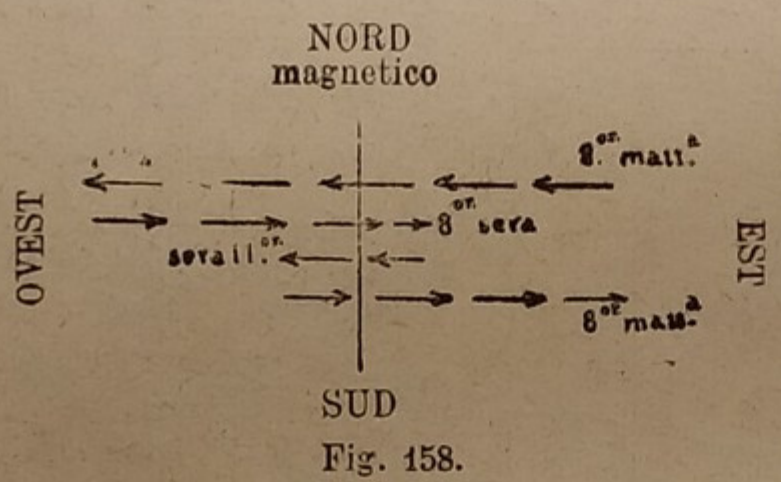


Fig. 158.

La causa della periodicità delle macchie solari i troverà forse qualche giorno, in seguito ad un confronto generale dei fenomeni concomitanti che sembrano sottomessi ad un movimento periodico analogo. Aspettando che questa scoperta si faccia, notiamo qui una correlazione, o almeno una coincidenza, veramente straordinaria offertaci dal magnetismo terrestre.

Si sa che l'ago magnetico non si mantiene mai fermo nel piano del meridiano magnetico, ma che oscilla continuamente da una parte e dall'altra di detto piano. La maggior digressione orientale ha luogo verso 8 ore della mattina. Allora l'ago si ferma, retrocede verso la linea del nord magnetico, l'oltrepassa e raggiunge la sua massima digressione occidentale verso $1^h\ 15^m$ pom.

Questa escursione dall'est all'ovest si effettua pertanto in 5 ore circa, più o meno secondo la stagione. L'ago ritorna in seguito verso est, si ferma verso le 8 di sera, torna indietro fino alle 11 ore e si rimette in moto verso est fino alle ore 8 di mattina. Il diagramma qui sopra riproduce sopra linee parallele quei quattro movimenti che costituiscono la doppia oscillazione diurna.

Questo fenomeno è assolutamente generale; si presenta su tutta la Terra, seguendo le medesime leggi; con una semplice variante, nell'ampiezza dell'oscillazione, che va crescendo da' tropici ai poli; è di 1′ o 2′ fra i tropici e

di 10′ a Parigi. Oltre ciò, l'andamento dell'ago, ordinariamente regolarissimo, è talvolta disturbato accidentalmente da perturbazioni che si fanno sentire simultaneamente sopra grandissime estensioni.

In ciascun luogo, le ore nelle quali l'ago tocca il massimo della sua escursione, sia a destra sia a sinistra, sono così costanti, che l'osservatore potrebbe servirsene per regolare il proprio orologio.

Prendendo come linea di paragone lo stato della declinazione media dell'ago, e per ordinate verticali l'escursione diurna, si tracciano per ciascun mese le curve della figura 159, che rappresenta le variazioni medie diurne della declinazione, osservate all'Osservatorio fisico di Montsouris, nel corso di un anno, dall'agosto 1876 allo stesso mese del 1877.

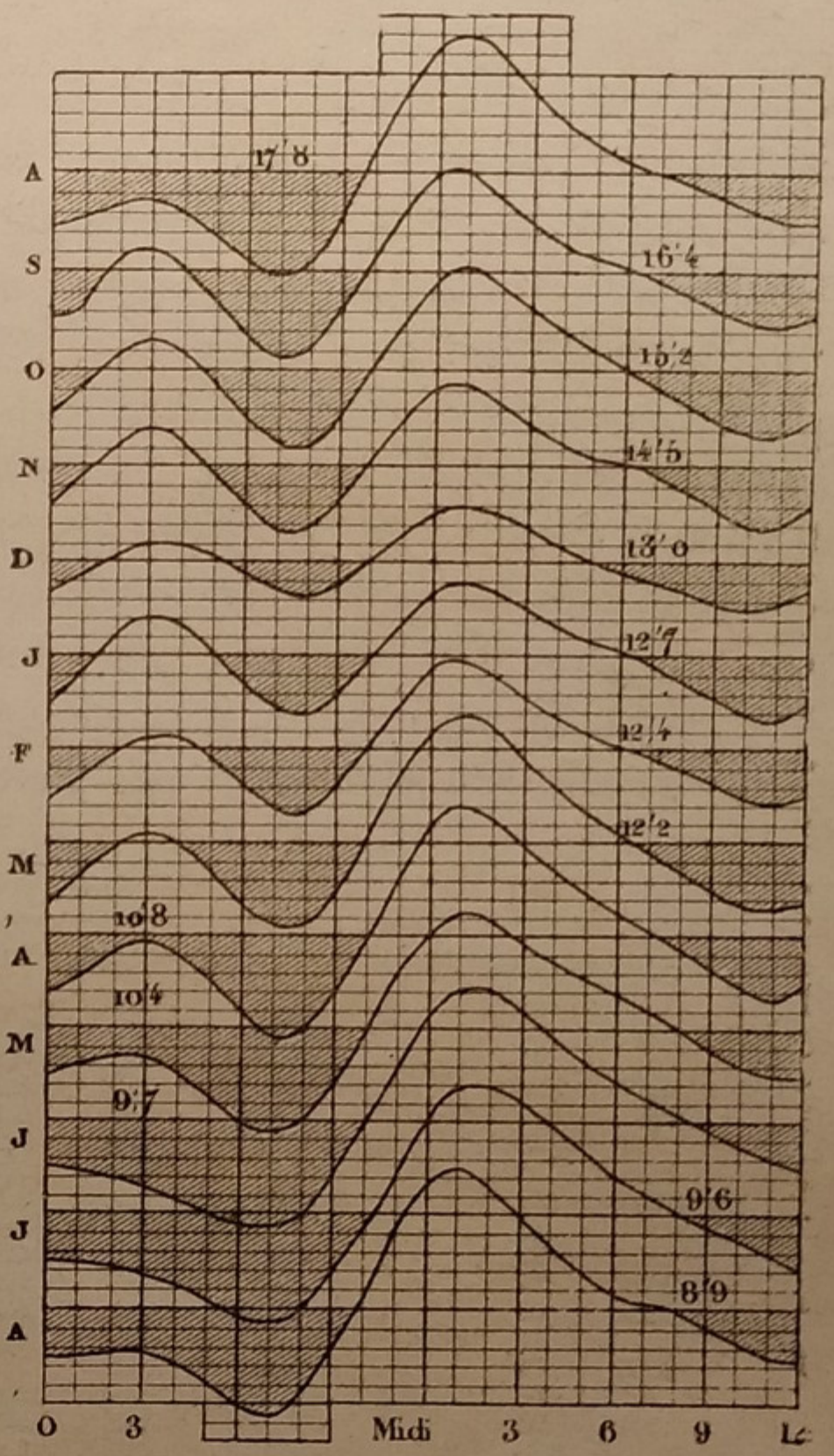


Fig. 159. — Oscillazione diurna dell'ago magnetico.

In questo diagramma, ogni linea orizzontale mensile rappresenta la media di ciascun mese; le parti della curva sotto la media sono ombreggiate. Ogni interlinea corrisponde ad 1′ di arco. La declinazione era di 17° 17′ 8 nell'agosto 1876, di 17° 16′ 4 in settembre ed ha continuato a diminuire di mese in mese fino al valore di 17° 8′ 9 nell'agosto 1877; essa diminuisce così di mese in mese, di anno in anno, come vedremo tra poco. Ma qui non vogliamo parlare di questa diminuzione, sibbene del divario che si presenta fra il minimo delle 8 ore della mattina ed il massimo di 1 ora.

L'oscillazione diurna dell'ago magnetico è prodotta dall'oscillazione diurna della temperatura, a cui si sovrappone quella dell'elettricità, della tensione del vapore acqueo, della pressione atmosferica, ecc. Se si esamina la variazione mensile, si giunge alla medesima conclusione.

L'oscillazione è più debole in inverno, più forte in estate. La variazione termometrica è del pari più debole in inverno, più forte in estate. Questa stessa variazione va del pari crescendo dalle regioni tropicali verso le polari.

Si può dunque affermare che questa oscillazione diurna dipende in prima linea dalla variazione della temperatura, dovuta al Sole, che agisce, per l'intermediario dell'elettricità atmosferica, sul magnetismo terrestre, di cui l'ago magnetico indica le variazioni.

L'ampiezza delle oscillazioni diurne varia ogni giorno, ogni mese, ogni anno. Se si fa la media delle osservazioni di un intero anno, si verifica che questa *oscillazione* può estendersi dal semplice al doppio in un periodo di circa 11 anni, che, fatto veramente straordinario, pare corrisponda a quello delle macchie solari, *il massi mo ed il minimo delle oscillazioni coincidendo rispettivamente col massimo e col minimo delle macchie.* Ma v'ha di più: l'ago magnetico manifesta di tempo in tempo delle agitazioni anormali, delle perturbazioni cagionate da temporali magnetici; *queste perturbazioni coincidono anche colle grandi agitazioni osservate nel Sole!*

Questa corrispondenza non è ammessa da tutti gli astronomi. Il signor Faye afferma anzi che « questi due fenomeni non hanno alcun rapporto fra di loro » *(Annuario del 1878, pag. 650).* Per formarci un'opinione, è d'uopo anzi tutto confrontare il maggior numero di osservazioni possibile. Costruiamo perciò un Quadro riassuntivo delle principali osservazioni magnetiche fatte dopo il 1842, anno in cui cinque delle serie migliori erano già in corso, e paragoniamole con quelle delle macchie solari.

	Numero delle	Numero delle	Variazione diurna della declinazione magnetica.						
Anni	macchie	eruzioni	Praga	Monaco	Cristiania	Londra	Milano	Roma	Moncalieri
1842	68		6',34	7',08	5',48	9',04	7',50		
1843	34		6,57	7,15	5,76	9,01	7,36		
1844	52		6,05	6,61	5,23	8,68	6,99		
1845	114		6,99	8,13	5,81	9,32	7,62		
1846	157		7,65	8,81	6,12	9,62	7,93		
1847	257		8,78	9,55	7,39	11,01	9,72		
1848	330		10,75	11,15	9,18	12,22	11,37		
1849	238		10,27	10,64	8,61	11,38	9,92		
1850	186		9,27	10,44	8,49	10,78	8,91		
1851	151		8,32	8,71	6,89	9,16	7,17		
1852	125		8,09	9,00	7,17	9,24	7,57		
1853	91		7,09	8,63	6,59	8,06	7,59		
1854	67		6,81	7,56	6,00	8,50	5,76		
1855	79		6,41	7,33	5,16	7,79	5,60		
1856	34		5,98	7,08	5,02	6,85	5,12		
1857	98		6,95	7,64	5,51	6,62	5,41		
1858	188		7,41	9,33	7,56	9,38	7,71		
1859	205		10,37	11,17	9,13	11,22	10,01	10',87	
1860	211		10,05	10,93	8,42	11,16	8,05	10,98	
1861	204		9,17	10,20	7,81	10,55	7,51	9,60	
1862	160		8,59	8,64	6,88	9,30	7,61	8,99	
1863	124		8,84	8,24	7,00	9,53	7,26	7,86	
1864	130		8,02	7,64	6,00	9,34	7,19	8,38	
1865	93		7,80	7,35	5,72	9,15	5,85	7,59	
1866	45		6,63	6,88	5,70	8,49	4,21	7,14	
1867	25		6,47	7,00	5,69	7,85	4,95	6,58	
1868	101		7,27	7,71	6,65	8,93	6,81	7,13	
1869	198		9,44	9,22	7,82	10,11	8,78	8,95	
1870	305		11,47	12,27	9,95	12,53	11,52	10,97	
1871	304	3400	11,60	11,70	9,86	12,53	10,70	11,13	11',56
1872	292	2707	10,70	10,96	9,21	11,82	10,32	10,65	10,53
1873	215	2144	9,05	9,12	9,72	10,31	8,64	9,01	9,28
1874	159	1292	7,98	8,33	7,09	9,07	7,77	8,11	8,21
1875	91	901	6,73	7,05	5,61	7,58	5,78	6,97	6,48
1876	57	852	6,47	6,79	5,48	7,45	6,31	6,82	6,31
1877	48	760	5,95	6,61	5,20	6,85	5,68	6,63	5,83
1878	19	500	5,65	6,50	5,79		5,30	6,22	4,50

Si vede da questo quadro che vi furono dei massimi nella variazione magnetica diurna nel 1829, 1838, 1848, 1859, 1871, e dei minimi negli anni 1844, 1856, 1867, come nel periodo 1877-1878. Il fatto è incontestabile. Il numero delle macchie e delle protuberanze non è assoluto, poichè dipende dal numero dei giorni d'osservazione, ossia nei giorni di bel tempo, e dal non vedersi che le eruzioni del lembo solare; ma non lascia per questo dall' indicare lo stato del Sole.

Se si traccia la curva del numero delle macchie solari (numero relativo nel quale si tien conto dell'estensione di queste macchie), ed al disotto si traccia quella della variazione magnetica, dietro osservazioni sicure, quelle di Praga, per esempio, si ottiene la figura 160, che è evidentemente per sè stessa eloquentissima, e che lascia nella mente l' idea precisa di una reale corrispondenza.

La corrispondenza salta talmente all'occhio, che un astronomo, il signor Wolf, direttore dell'Osservatorio di Zurigo, costruì delle formole per calcolare il numero delle macchie solari, o, per meglio dire, l'estensione macchiettata, dietro il solo esame delle osservazioni magnetiche e senza aver bisogno, di guardare il Sole.

La curva tracciata per esprimere sopra un quadro fisiologico lo stato quotidiano, mensile, annuo, della *salute del Sole*, dà le medesime inflessioni, gli stessi andamenti di quella descritta dietro l'osservazione quotidiana, mensile e annua, dell'ago magnetico.

Importantissimo, e tuttavia ben poco conosciuto, è questo studio del magnetismo del nostro mondo errante. Ecco lì un sottil ago, un pezzetto di ferro calamitato, che colla sua punta inquieta ed agitata cerca senza posa una regione vicina al nord. Portate quell'ago in pallone fino alle regioni aeree superiori ove la vita umana comincia a sparire, rinchiudetelo in un sepolcro ermeticamente chiuso alla luce del giorno, sprofondatelo in un pozzo di miniera a più di mille metri nelle viscere del suolo, e incessantemente, notte e giorno, senza sforzo e senza tregua, esso veglia, tremola, palpita, cerca il punto incognito che l'attrae attraverso il cielo, attraverso la terra, attraverso la notte... Ora, ed è questa una coincidenza, piena davvero di punti interrogativi, quegli anni in cui l'oscillazione di questa innocente spranghetta di acciajo è più forte, son quelli appunto più ricchi di macchie, di eruzioni e di tempeste nel Sole; e quegli anni in cui è più debole l'oscillazione diurna vanno appunto notati per l'assenza nel Sole di macchie, di eruzioni, e di tempeste, Esiste dunque un legame magnetico fra l'immenso globo solare e il nostro ambulante soggiorno? È forse magnetico il Sole? Ma le correnti magnetiche scompajono alla temperatura del ferro rosso, e l' incandescente focolare della luce trovasi ad una temperatura molto più elevata ancora. È un influsso

elettrico che si trasmette dal Sole alla Terra attraverso uno spazio di 148 milioni di chilometri? Tante quistioni, altrettanti misteri. Stabiliamo dapprima i *fatti*, ne cercheremo in seguito la spiegazione.

Abbiamo già veduto, al capitolo della vita sulla Terra (pag. 84), che il nostro pianeta è attraversato da correnti magnetiche di intensità e direzione variabili, e soggette a fluttuazioni periodiche; che l'ago magnetico, il quale nel 1666 dirigevasi precisamente al nord, ha insensibilmente deviato verso

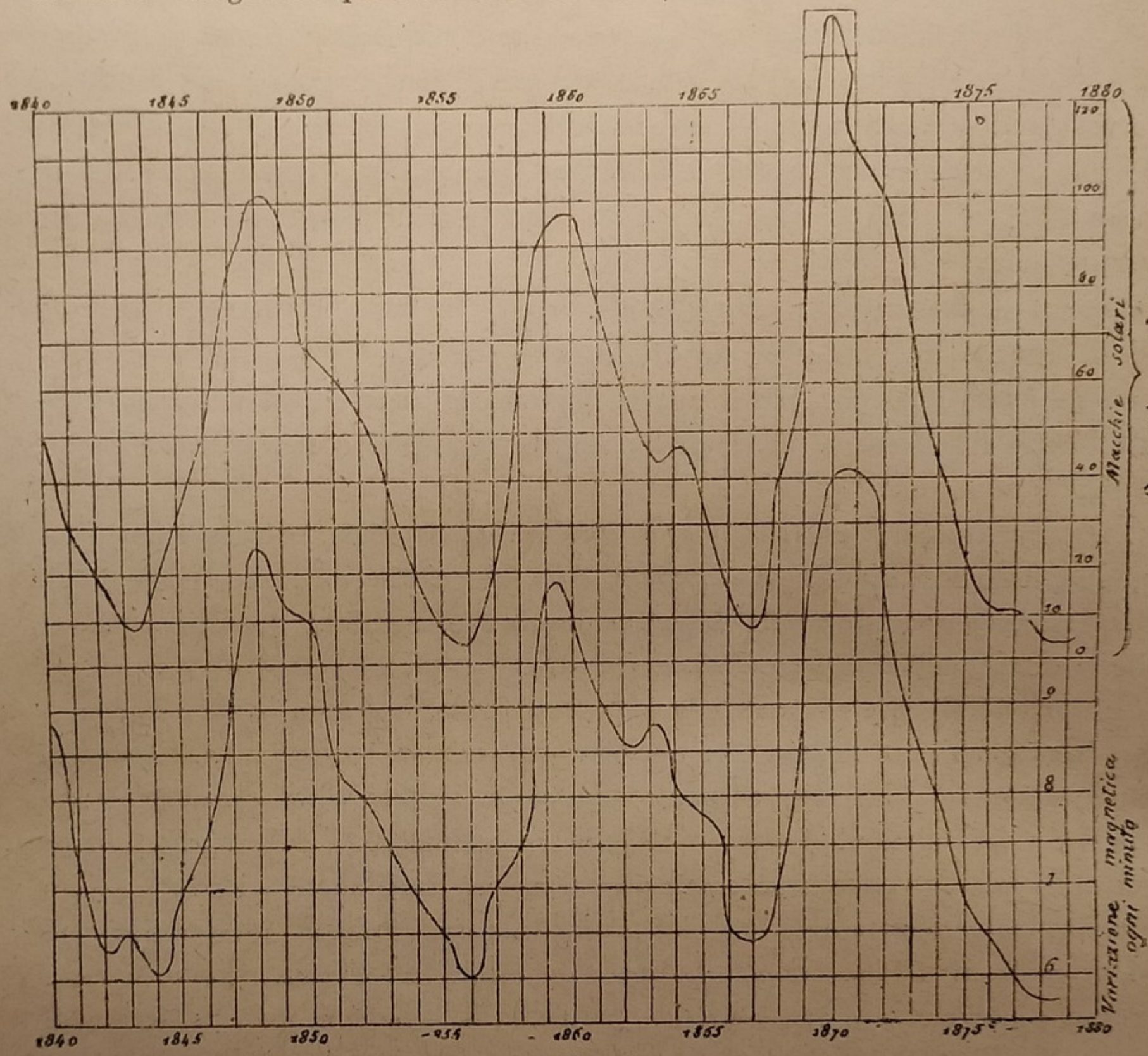


Fig. 160.

Rimarchevole corrispondenza fra il numero delle macchie solari e la variazione magnetica.

ovest fino al 1814, nel quale anno la sua declinazione era di 22 gradi e mezzo, e che esso ritorna lentamente verso il nord, variando così d'anno in anno la sua direzione. Se si congiungono con una stessa linea i punti in cui la declinazione magnetica è la stessa, si ottiene la figura 161, carta magnetica della Francia costruita da Marié-Davy, direttore dell'Osservatorio di Montsouris, nell'anno 1876, dietro il complesso delle osservazioni fatte in quell'anno: vi si nota che a Parigi la declinazione era allora di 17° $\frac{1}{4}$ circa e che le linee d'egual declinazione sono alcun poco oblique sui meridiani geografici.

Ebbene, dobbiamo imaginarci che l'insieme di queste linee scorra come un canovaccio sulla Carta di Francia, *da destra verso sinistra*, elevandosi alquanto. Così, nel 1879, la linea di 17° passava precisamente per Parigi, Orléans, Périgueux e fra Tarbes e Pau; quella di 18° passava per Alençon; quella di 15° per Annecy, Chambéry, Grenoble, ecc. È probabile che tutto quanto sarà

Fig. 161. — Carta magnetica della Francia.

spostato da ora all'anno 1962 in cui la bussola si dirigerà di nuovo al nord, per declinare in seguito verso est.

Il magnetismo terrestre ha i suoi poli, i suoi meridiani, il suo equatore, che si spostano sopra e dentro il nostro globo. V'ha lì una forza naturale ancor ben poco conosciuta. Il nostro pianeta è in realtà una immensa calamita di una enorme potenza, che Gauss stimò eguale a quella di 8464 trilioni di spranghe d'acciajo del peso di una libbra cadauna e calamitate a saturazione

Il marinajo in mezzo ai deserti dell'Oceano, il viaggiatore in mezzo a paesi spopolati e senza strade, l'ingegnere che prende la pianta di una miniera o di una foresta, il pio musulmano che vuol rivolgere verso la Mecca la stuoja su cui s'inginocchia, finalmente il fisico pensatore ohe si sforza di risalire alla causa di un fenomeno così singolare, tutti hanno l'occhio fisso a quell'ago animato da un misterioso istinto. Dio è grande! *(Allahua akbar!)* dice l'impassibile musulmano. Lo scienziato, più curioso e ambizioso, dice: Perchè?

La scienza moderna osserva e studia. Essa ci ha testè mostrato che l'andamento del magnetismo terrestre segue con una puntualità straordinaria lo stato del focolajo solare. Avvertiamo ancora un fatto.

Il 1.° settembre 1859, due astronomi, Carrington e Hodgson, osservano il Sole indipendentemente uno dall'altro; il primo sopra uno schermo che riceveva l'imagine, l'altro direttamente con un cannocchiale, allorchè di repente, un lampo fulgidissimo scattò in mezzo ad un gruppo di macchie. Quella luce scintillò per cinque minuti sopra le macchie senza modificarne la forma e come se ne fosse stata affatto indipendente, e tuttavia essa doveva essere l'effetto di una spaventevole conflagrazione avvenuta nell'atmosfera solare. Ciascuno dei due osservatori avvertì il fatto separatamente e ne fu per un istante abbagliato. Ora, ecco la coincidenza sorprendente: al momento stesso in cui il Sole parve in quel modo infiammato nella regione sopradetta, gli istrumenti magnetici dell'Osservatorio di Kew, presso Londra, ove si stava osservando, manifestarono una strana agitazione, l'ago magnetico saltò per più di un'ora come fosse impazzito. Per giunta, una parte della Terra fu quel giorno e il seguente involta nei fuochi di un'aurora boreale, tanto in Europa che in America. Le si avvertirono quasi dappertutto: a Roma, a Calcutta, a Cuba, in Australia e nell'America meridionale. Si manifestarono violenti perturbazioni magnetiche, e su parecchî punti, le linee telegrafiche cessarono di funzionare. — Come non associare l'uno all'altro questi due fatti così singolari? Noi potremmo citare altri esempî analoghi.

La conclusione è dunque: essere probabilissimo, quasi certo, che siffatta corrispondenza tra lo stato del Sole e il magnetismo terrestre non sia fortuita, come pel movimento di Giove, ma *reale*, e che esiste un nesso magnetico fra il Sole e la Terra. — Il ferro, d'altra parte, entra in notevoli proporzioni nella composizione dell'astro centrale.

Questa stessa corrispondenza sembra estendersi alle aurore boreali. Il primo fatto fu posto in evidenza da Sabine, Wolf e Gautier; quest'ultimo da Loomis e Zœllner. Il numero e la grandezza delle aurore visibili ogni anno varia in un periodo di undici anni, il massimo coincidendo con quello delle macchie e delle eruzioni solari. Chi non è stato colpito, per esempio, in Francia ove questi fenomeni sono rari, dalla frequenza e bellezza delle aurore del 1869, 1870, 1871 e

1872 ? D'altra parte i movimenti dell'ago magnetico denotano lo stato del magnetismo. Ognun si ricorda che altre volte Arago si vantava di indovinare una aurora visibile in Svezia e in Norvegia dalla sola ispezione dell'ago magnetico fatta a Parigi. Non è dunque cosa che debba sorprendere che la corrispondenza osservata fra lo stato del Sole e la bussola si estenda alle aurore.

Fig. 162. — L'aurora boreale.

La figura 163 rappresenta le tre variazioni: numero annuale delle aurore, variazione dell'ago ed estensione delle macchie solari dal massimo del 1778 fino all'ultimo minimo del 1878, ossia *durante un intero secolo*. Questo diagramma comparativo è della più alta importanza, e se non trae seco ancora la completa convinzione sulla realtà della corrispondenza, poco vi manca. La triplice fluttuazione è senza ogni dubbio eloquentissima. Nel 1788, massimo considerevole; calma relativa fino al 1837; dopo quest'epoca periodo ab-

bastanza regolare; oscillazioni simmetriche nelle tre curve. Una corrispondenza analoga sembra presentarsi colla luce zodiacale (1).

Completiamo tutti questi fatti d'osservazione riassumendo qui, come conclusione definitiva, *lo stato attuale delle nostre cognizioni intorno al Sole.*

Per rappresentarci più esattamente che sia possibile lo stato fisico del mondo solare, procediamo dall'esterno all' interno, atteso che le regioni esterne del Sole ci sono note più delle regioni interne.

Avvicinandosi all'astro centrale, la prima sostanza materiale che incontriamo è la corona, che si estende fino ad un'altezza di 5, 10 e fors'anche

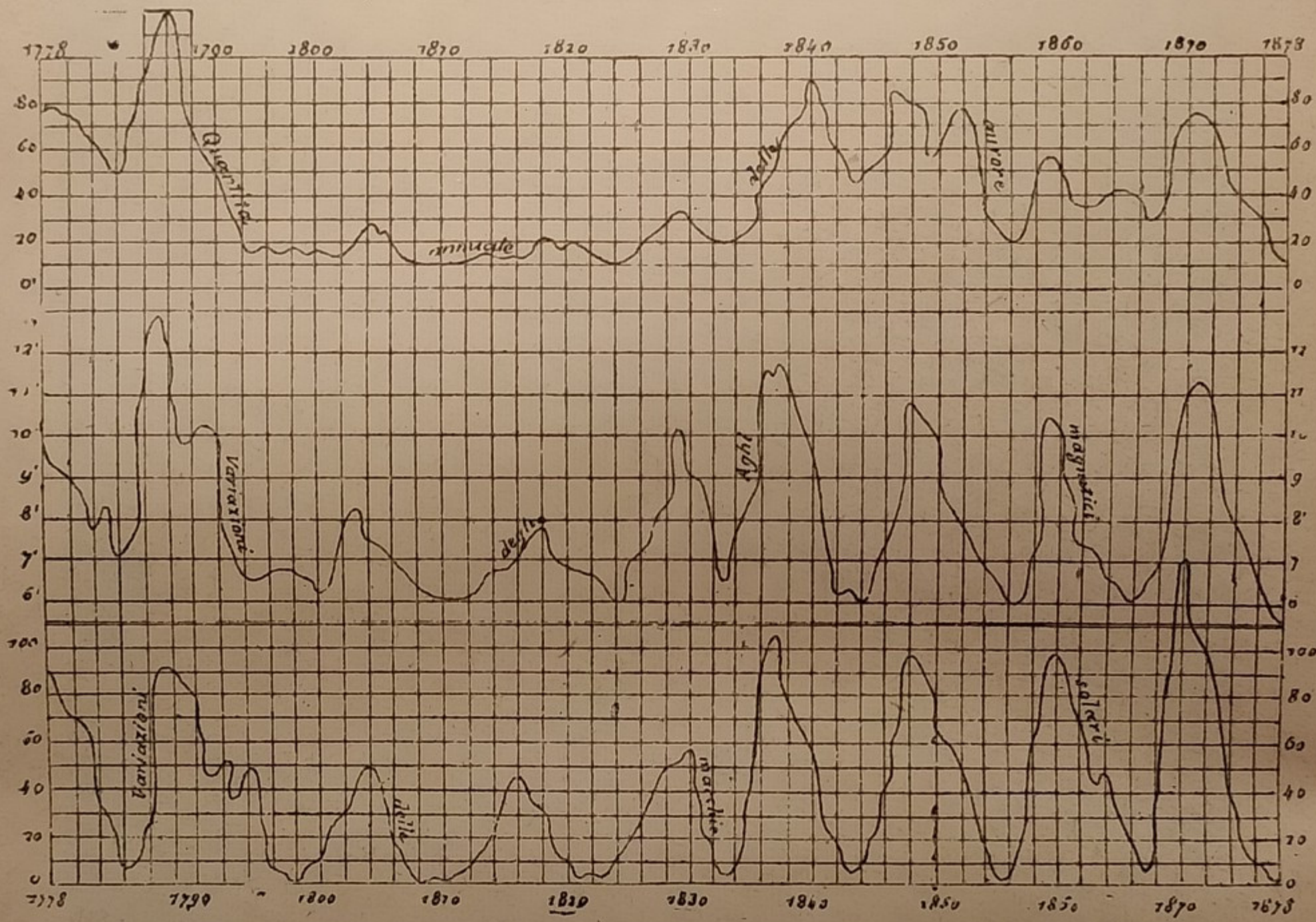


Fig. 163. — Variazione annuale delle aurore boreali, dell'ago magnetico e delle macchie del Sole.

15 minuti sulla superficie solare, vale a dire ad un'altezza che può raggiungere in certi casi quasi 500 mila chilometri. È certo che questa sostanza non costituisce un'atmosfera propriamente detta, vale a dire un inviluppo gasoso

---

(1) È pure meritevole di attenzione il fatto che la meteorologia terrestre pare soggetta a fluttuazioni dello stesso ordine. Così, nei nostri climi, le annate di freddo, di pioggie e di inondazioni sembrano corrispondere agli anni in cui il Sole è calmo, senza eruzioni e senza macchie; ne fanno esempio gli anni 1878 e 1879, come pure il 1866 e il 1856; le annate asciutte e calde sembrano al contrario coincidere colle epoche della maggior attività solare; esempio: 1870, 1859, 1845, 1836. Gli astronomi americani hanno notato un rapporto analogo tra il numero annuale dei cicloni. Ma non bisogna affrettarsi a concludere; non si deve generalizzar nulla prima di possedere un numero sufficiente di osservazioni, e la meteorologia è tuttavia nella sua infanzia.

continuo. Le due seguenti considerazioni dimostrano infatti la impossibilità di questo stato.

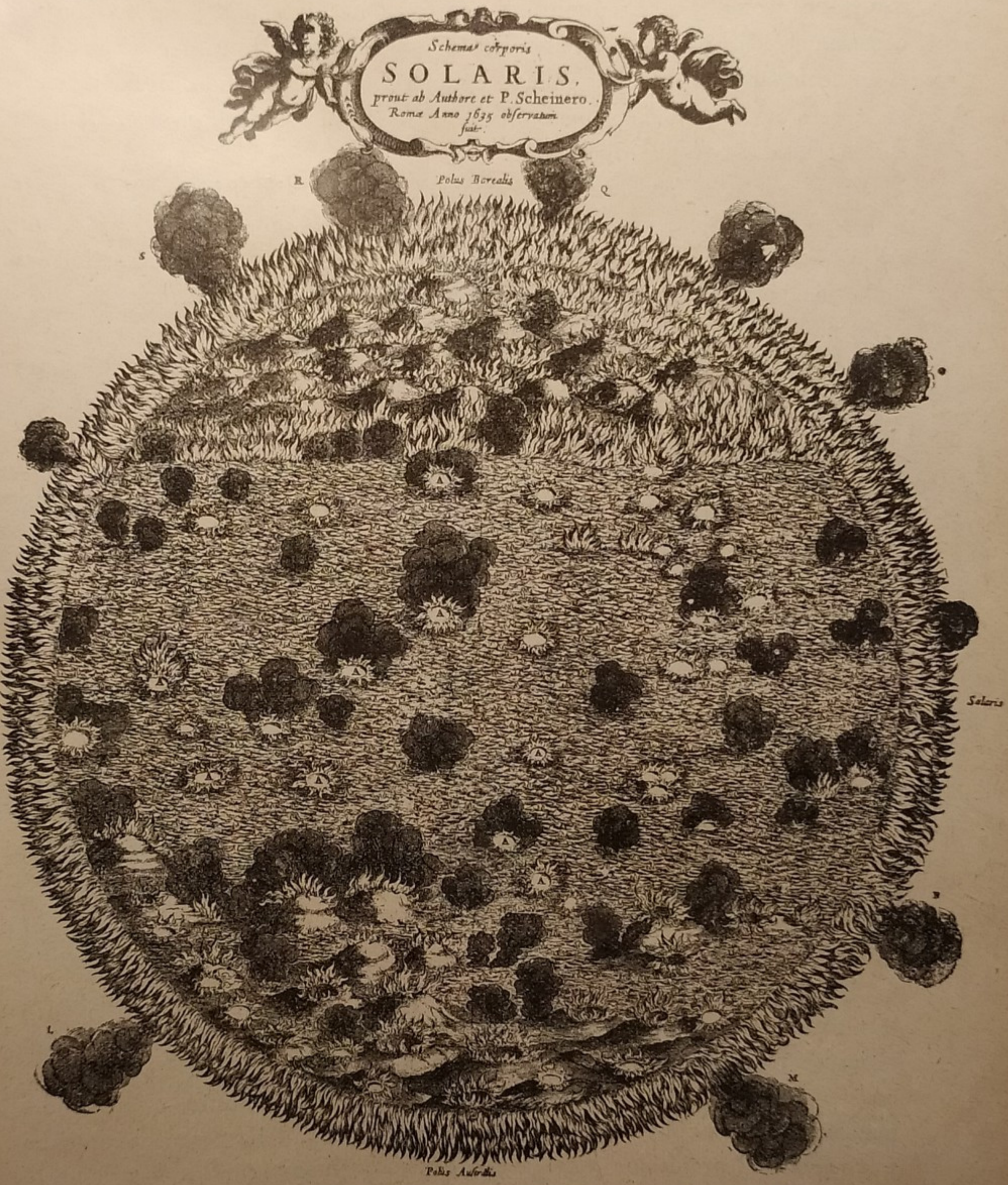


Fig. 164. — Fac-simile di una incisione dell'anno 1635, rappresentante il Sole.

E anzi tutto, abbiam veduto che la gravità è ventisette volte e mezzo più intensa sul Sole che sulla Terra; qualunque gas vi è, per conseguenza, ven-

tisette volte e mezzo più pesante. Ora, in qualsivoglia atmosfera, ogni strato è compresso dal peso degli strati sovraincumbenti, e la densità cresce in progressione geometrica. Un'atmosfera composta del gas più leggiero che noi conosciamo, l'idrogeno, presenterebbe allora nei suoi strati inferiori una densità incomparabilmente più grande di quella che corrisponde ai fatti osservati; essa non potrebbe neppur essere gasosa, ma dovrebbe esser liquida, solida; essa cesserebbe di esistere.

D'altra parte, si è veduta una cometa, il 27 febbrajo 1843, avvicinarsi affatto affatto al Sole; essa ne ha, per così dire, lambita la superficie a soli tre o quattro minuti di lontananza, e sfuggì attraverso la corona. Nell'ora della sua massima vicinanza essa volava al di sopra delle fiamme del Sole con una velocità di 563 mila chilometri al secondo, ed attraversò per lo meno da 400 a 500 mila chilometri di corona solare con una simile velocità senza risentirne la più piccola influenza o subire il minimo ritardo! A farci una idea di ciò che essa sarebbe diventata se avesse dovuto attraversare un'atmosfera anco la più rarefatta, ci basti considerare che le stelle cadenti *(filantes)* o asteroidi, sono istantaneamente e completamente ridotte in vapore dal calore di attrito allorchè sfiorano la nostra atmosfera ad un'altezza di 100 a 150 chilometri, vale a dire ad un'altezza tale che la nostra atmosfera vi ha già perduto ogni poter riflettente (più rarefatta del vuoto pneumatico). Ora, la velocità degli asteroidi non è che di 30 a 60 chilometri per secondo. La resistenza (e il calore da questa sviluppato) crescendo per lo meno come il quadrato della velocità, che avverrebbe di un corpo qualunque che attraversasse parecchie centinaja di migliaja di chilometri dell'atmosfera più rarefatta con una velocità di 500 mila chilometri al secondo? Quale dev'essere dunque la rarefazione di un'atmosfera attraverso la quale una cometa ha potuto passare, non solamente senza esser distrutta, ma senza neppur aver provato il menomo sensibile ritardo? Il calor solare esercita colà un'azione repulsiva, la quale soffia, in certo modo, le code delle comete fino *a milioni* di leghe di distanza dalla parte opposta del Sole.

Che cos'è adunque allora la corona? È probabilmente una regione in cui si trovano in quantità variabile delle particelle staccate, parzialmente o totalmente volatilizzate dall'intenso calore a cui sono esposte. Ma come mai queste particelle possono sostenersi a quelle grandi altitudini? A siffatta domanda si possono già dare tre risposte: 1.° La materia della corona può essere in uno stato di projezione permanente, essendo composta di sostanze lanciate incessantemente dal Sole e ricadenti in esso. Ma abbisognerebbero per ciò delle forze di projezione capaci di lanciare delle materie con una velocità di 300 chilometri al secondo, e ciò quasi incessantemente su tutta la superficie del Sole; 2.° La sostanza coronale può essere più o meno sostenuta nelle al-

titudini solari per virtù di una repulsione calorifica od elettrica. L'elettricità, la quale ha già un così grande ufficio nei fenomeni meteorologici terrestri, non agisce forse con una energia centuplicata nel tempestoso focolare del nostro sistema? 3.° Finalmente la corona può supporsi costituita di nubi di meteoriti, d'aeroliti circolanti intorno al Sole nelle sue immediate vicinanze. Queste tre spiegazioni sono per avventura in parte tutte e tre attendibili. (V. Newcomb, *Popular Astronomy.*)

È qui luogo di far parola di una luce ancora misteriosa che involge costantemente l'astro diurno fino ad una grande distanza, e che noi vediamo, dopo il tramonto o prima del levar del Sole, disegnare una specie di cono più o meno diffuso nel verso dello zodiaco. Questo bagliore ricevette il nome di *luce zodiacale*. Essa si estende lungo l'eclittica, e la si vede nelle nostre latitudini boreali, in Europa, in America, in Asia, al Giappone, prolungarsi fino ad una distanza di 90 gradi dal luogo occupato dal Sole. Verso l'equatore, diligenti osservatori hanno potuto discernerla molto più lontano e fino a 180 gradi dal Sole, vale a dire fino al punto ad esso opposto, in modo da fare il giro completo del cielo a mezzanotte, da una banda per l'ovest, dall'altra per l'est, fino allo zenit. Questo chiarore ammette due spiegazioni: o circonda la Terra, oppure circonda il Sole. Il primo supposto è il meno probabile, poichè non giace nel piano dell'equatore terrestre, sibbene in quello dell'eclittica. È dunque ammissibile che possa attribuirsi ad un'immensa nuvola di corpuscoli attornianti l'astro del giorno fino alla distanza a cui gravitiamo noi stessi, segnando così il piano generale in cui girano il Sole e tutti i pianeti (1).

Discendiamo ora attraverso la corona fino alla cromosfera, che non ha che qualche secondo di altezza sulla superficie dell'astro, ma che qua e là è projettata in grandi masse che potremmo chiamar fiamme, se questa espressione non fosse, malgrado tutta la sua eloquenza, molto al di sotto del vero. Noi chiamiamo fiamma e fuoco tutto ciò che arde; ma i gas dell'atmosfera solare trovansi a un così alto grado di temperatura da non poter bruciare! Gli estremi

---

(1) La sera del 20 febbrajo 1871, non essendoci in Parigi illuminazione a gas che rischiarasse i vapori dell'atmosfera, potei osservare in tutta la sua pienezza questa meteora che in quella sera era di una luce intensissima e misurava 86 gradi di lunghezza, partendo dal Sole, e si estendeva quasi fino alle Plejadi. — Calma ed immobile, la luce zodiacale mi apparve ben diversa dai bagliori palpitanti dell'aurora boreale, e allontanava, anzichè confermare, l'idea talvolta emessa, di una connessione qualunque fra questi due fenomeni. Il fuso era alquanto più intenso nella sua regione media che verso i lembi e molto più alla sua base che verso l'estremità. La sua tinta, circa una mezza volta più brillante di quella della via lattea, era alquanto più gialla. Le più piccole stelle visibili ad occhio nudo, quelle di 6ª grandezza, erano percettibili attraverso quel velo; al telescopio distinguevansi persin le stelle di 10° ordine; ma quelle di 11ª grandezza e le minori erano spente.

I signori Lescarbault a Orgères, Gruey a Tolosa, Guillemin ad Orsay, hanno fatto importanti osservazioni sullo stesso soggetto. Lo studio di questa luminosità singolare fu incominciato da Cassini nel XVII secolo, e ricevette poi, vent'anni or sono, grande sviluppo per opera di Jones, che osservava al Giappone. Non si ha ancora una teoria certa di questa meteora.

si toccano. L'idrogeno costituisce la parte superiore della cromosfera; ma, man mano che discendiamo, noi troviamo i vapori del magnesio, del ferro e di un gran numero d'altri metalli. Le protuberanze son dovute a projezioni

Fig. 165. — La luce zodiacale osservata al Giappone.

d'idrogeno, lanciate con velocità superiore a 240 mila metri al secondo. La eruzione continua tal fiata per parecchie ore e ben anco per parecchî giorni, e questi immensi nugoli luminosi rimangon sospesi senza muoversi, finchè ricadono in pioggie di fuoco sulla superficie solare. Come concepire, come espri-

mere siffatte formidabili operazioni della natura solare? Se noi chiamiamo cromosfera un oceano di fuoco, bisogna aggiungere che è un oceano più caldo della più ardente fornace, ed anche più profondo di quanto sia largo l'Atlantico. Se questi moti, queste agitazioni li chiamiamo uragani, bisogna avvertire che i nostri uragani soffiano con una forza di centosessanta chilometri all'ora, laddove nel Sole soffiano con una violenza di altrettanti chilometri per secondo! Li paragoneremo ad eruzioni vulcaniche? Il Vesuvio ha seppellito Pompei ed Ercolano sotto le sue lave: un'eruzione solare elevantesi in pochi secondi a centomila chilometri di altezza inghiottirebbe la Terra intera sotto la sua pioggia di fuoco e ridurrebbe in cenere tutta la vita ter-

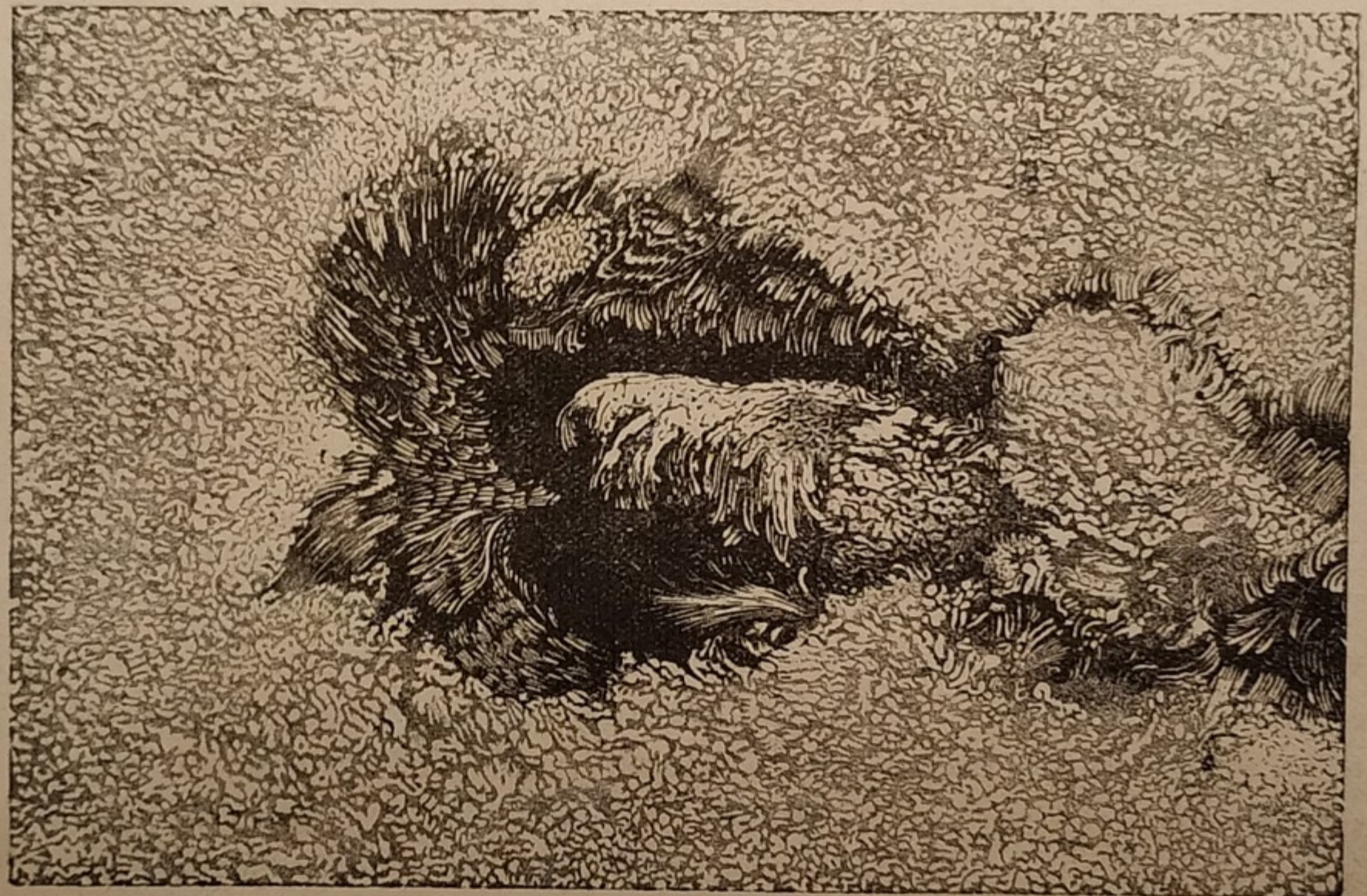


Fig. 166. — Costituzione fisica della superficie solare.

restre in minor tempo che voi non poniate a leggere queste righe... Allorchè nell'ufficio dei morti, dinanzi alla bara rischiarata da sinistri ceri, il sacerdote evoca « sulla fede di Davide e della sibilla » l'incendio finale del mondo e le fiamme dell'inferno:

Dies iræ, dies illa
Solvet sæculum in favilla
Teste David cum sibylla...

ei non raggiunge nel suo concetto la grandezza della testimonianza solare in seno al suo incendiario ardore. — Parecchî teologi hanno, è vero collocato l'inferno nel Sole, ed ho sott'occhî in questo momento un libro intitolato: *Ricerche sulla natura del fuoco dell'inferno* (!!) per Swinden, dottore in teo-

logia, il cui frontispizio (del libro, non del teologo) non è altro che la nostra figura 164, tolta dal *Mundus subterraneus* del P. Kircker, gesuita. Questo disegno è per una parte riguardevole, non ostante la sua esagerazione, per le eruzioni solari che allora non erano conosciute, e che erano state indovinate.

La corona e la cromosfera non sono visibili che durante le eclissi totali o col sussidio dello spettroscopio. Quello che noi vediamo del Sole ad occhio nudo o con un telescopio, è la superficie luminosa denominata fotosfera, su cui si appoggia la cromosfera. Dessa è che irradia la luce e il calore che noi riceviamo dall'astro smagliante. Questa stessa superficie non pare esser solida nè liquida, nè gasosa, ma costituita di particelle mobili, press' a poco come si presenta la superficie di una nuvola veduta dall'alto di un aerostato. Nessuno è penetrato tanto addentro in quest' analisi quanto l'astronomo americano Langley; noi abbiamo riprodotto nella figura 166 il disegno ch'egli fece dal vero di queste particelle solari sorprese nel loro laboratorio e nell'atto della formazione di una macchia. È probabile che questi elementi granulari costituiscano nel loro complesso uno strato densissimo, come uno strato di polvere aleggiante, — polvere per modo di dire, giacchè ogni grano è una alpe o un pireneo! Questo strato infuocato galleggia sopra un oceano di gas di un peso e di una coesione prodigiosi. L'intero globo del Sole sembra formato di un gas enormemente condensato.

Tale è questo astro immenso dai cui raggi pendono le nostre esistenze. Dalla sua superficie agitata dai flutti di una tempesta perpetua scattano colla velocità del lampo le feconde vibrazioni che vanno a recar la vita su tutti i mondi. Lo stato fisico di questo globo gasoso non consente al certo l'abitabilità per esseri organizzati della natura di quelli che esistono sui pianeti; ma, nè le nostre osservazioni, nè le nostre deduzioni e nè manco le nostre concezioni non limitano la potenza della natura, e non sarebbevi nulla di assurdo nell'imaginare il Sole abitato da spiriti la cui organizzazione fisica fosse appena materiale. Ma qui noi esciamo dai limiti della scienza positiva. Affrettiamoci a ritornarvi, considerando tuttavia che in un lontanissimo avvenire, il globo solare sarà ridotto allo stato planetario e potrà essere popolato da organismi altrettanto grossolani quanto i terrestri. Ma chi lo rischiarerà allora? Forse una permanente aurora boreale; forse soltanto la luce stellare per occhî più chiaroveggentì dei nostri... Misteri del futuro!

CAPITOLO VI.

I destini del Sole. — L'astro del giorno non è che una stella.

Abbiamo contemplato lo splendore solare e siamo rimasti maravigliati dinanzi alle forze prodigiose che agiscono in quell' immenso focolajo; abbiam salutato nel Sole il padre e il reggitore dei mondi, e sappiamo che la nostra vita al par di quella di tutti gli altri pianeti, è opera dei suoi raggi fecondatori. Ma che cosa è il Sole nell' universo? che posto occupa nell' infinito? quale è il suo valore intrinseco sotto il punto di vista generale? quale sarà la sua durata nella successione dei tempi?

Dopo i maravigliosi portenti che attoniti noi abbiam poco stante ammirato, ci farà certo maraviglia l' affermazione che questo globo immane, più di un milione di volte superiore alla Terra in volume, più di trecentomila volte in peso, non è che *un punto* nell'universo!

Allorchè i nostri sguardi si levano verso il cielo stellato, in quelle ore splendide in cui la vòlta celeste sembra cosparsa di una vera polvere luminosa, fermiamo la nostra attenzione sopra uno qualunque di quei punti lucenti che brillan in silenzio in fondo ai cieli: quel punto è grande quanto il nostro Sole, e nell'universo il nostro Sole non ha di esso maggior importanza. Trasportiamoci col pensiero fino a quella stella e da quella distanza guardiamo in giù verso la Terra e cerchiamo il nostro sistema solare: di là non si discerne, nè la Terra, nè alcun pianeta; di là, l'orbita tutta intiera che il nostro globo percorre in un anno e che misura 74 milioni di leghe di diametro, sarebbe completamente nascosta dalla grossezza di un capello della nostra testa; di là il Sole non appare che come un punto appena percettibile.

Sì, il nostro Sole non è che una stella! Guardate quel piccolo spazio quadrato di cielo (fig. 167). È la riproduzione impicciolita di una delle belle carte eclittiche dell' Osservatorio di Parigi, che rappresenta esattamente, rigorosamente, posto per posto, grandezza per grandezza, una piccola regione del cielo di 5° 46′ (23^{m} di tempo) di larghezza per 5° 15′ di altezza. Questa carta contiene 4061 stelle nelle loro precise posizioni (pel 1875). Ebbene! cercate il Sole in quell'ammasso di stelle; si troverà fra le più grandi se non ne siete troppo lontani nello spazio, fra le più piccole se vi guardate da più

profonde regioni dello spazio etereo, e diventerà invisibile affatto se più vi inoltrate ancora nelle profondità dell' infinito.

Ma come lo sappiamo noi? La stella *la più vicina* a noi trovasi ad una distanza tale, che se la si tien d' occhio attentamente durante tutto il corso di un anno, il gran cammino che noi percorriamo annualmente intorno al Sole non influisce per nulla quasi, per la prospettiva, sulla sua posizione assoluta. Ora, affinchè uno spostamento di 74 milioni di leghe (296 milioni di chilometri) nella posizione di uno spettatore non produca effetto su quella dell'oggetto, ch'egli guarda, è necessario che quest'oggetto sia prodigiosamente lontano. L' orbita intera del nostro pianeta, veduta da quella stella (*Alfa* (α) *del Centauro*) appare tanto piccola da misurare una larghezza angolare appena sensibile. Abbiamo veduto (pag. 106) che un angolo di un grado corrisponde ad una distanza di 57 volte la grandezza dell' oggetto stesso; che un angolo di un minuto corrisponde ad una distanza di 3438 volte il diametro dell' oggetto, e che un corpo lontano 206 265 volte la sua larghezza si vede sotto un angolo di un secondo. Abbiamo veduto che le distanze della Luna e del Sole sono state misurate con questo metodo matematico. Ebbene: l'orbita intera della Terra (intendasi la lunghezza del suo asse maggiore) non si riflette per noi nel moto prospettico apparente della stella che con un' oscillazione annua della stella stessa di meno di 2 secondi di arco (circa la 900ª parte del diametro apparente della Luna); ciò vuol dire che la nostra orbita veduta da colà non si presenta che sotto la forma di una piccola ellisse impercettibile. Il calcolo preciso mostra che la metà di quest'orbita, vale a dire la distanza dalla Terra al Sole, che è, come abbiam visto, il metro, ossia l'unità di misura delle lunghezze con cui si misurano tutte le distanze celesti, non compare che sotto un angolo di 9 decimi di secondo. Se si presentasse sotto un angolo di un secondo intero, la distanza di questa stella sarebbe dunque di 206 265 volte 37 milioni di leghe; ma siccome non misura che 9 decimi, resta matematicamente dimostrato che questa distanza è di 222 mila volte la stessa unità di misura.

Ed è la stella più vicina!

Tutte le altre sono di gran lunga più lontane.

Questo solo fatto, oggidì incontestabile, prova: 1.° che le stelle sono troppo lontane per esser visibili se ricevessero semplicemente la loro luce dal Sole e non avessero splendore proprio; 2.° che il Sole trasportato a siffatte distanze, troverebbesi impicciolito a tal segno da non parere che una piccola stella.

Noi non conosciamo alcun pianeta esterno a Nettuno, di guisa che l'antico Dio dei mari sembra segnare col suo tridente la frontiera dell'impero solare. La sua distanza misura trenta volte il raggio dell' orbita terrestre. *Bisogne-*

rebbe addizionarvi ancora 7400 volte questa strada celeste per giungere alla distanza della stella più prossima! Dunque perlustrando in tutti i versi l'immensità che circonda il sistema solare fino a quella distanza, non si incontra alcun altro Sole.

Per formarci un'idea dell'immensità del deserto che si estende intorno al

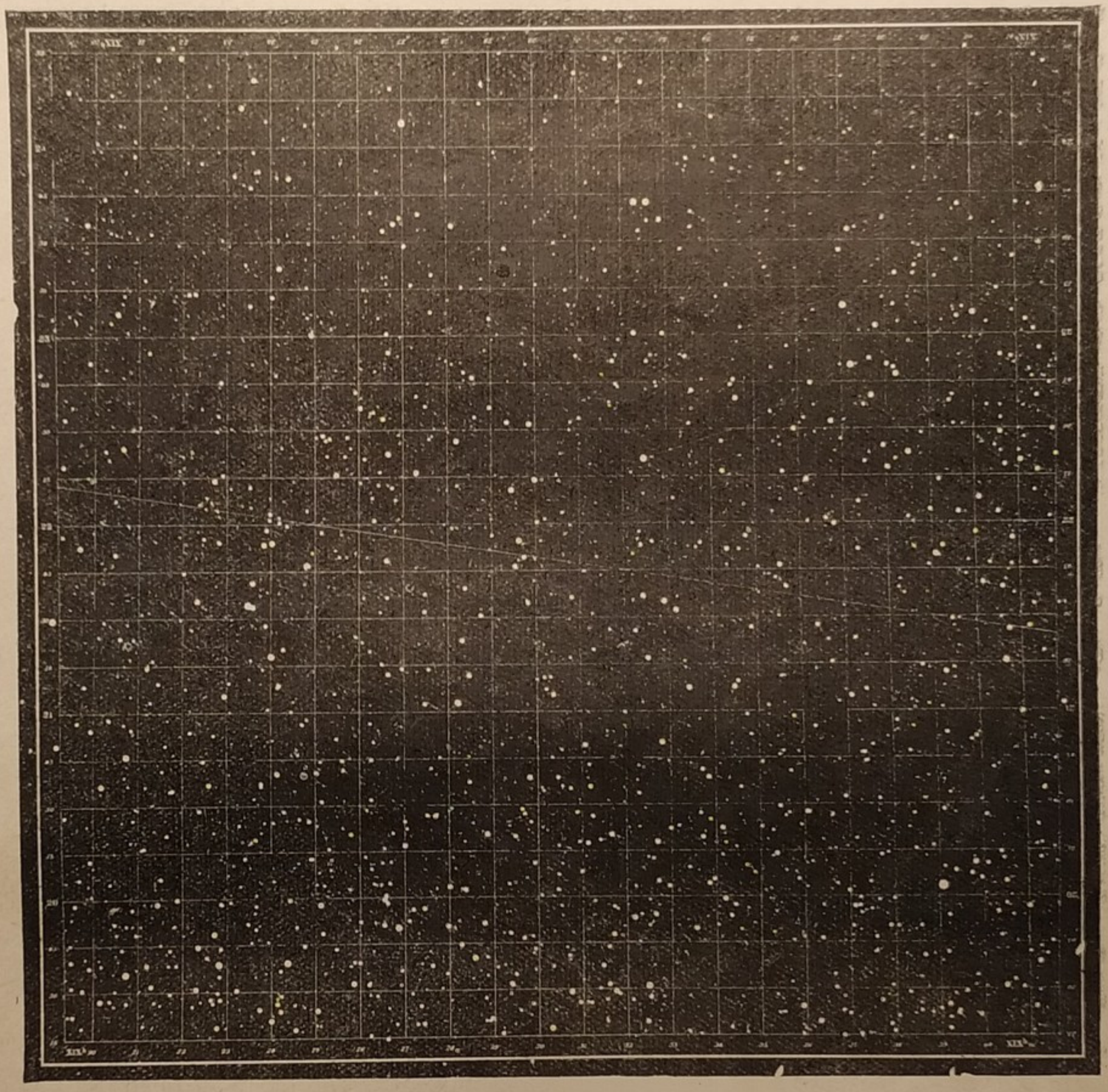


Fig. 167. — Un angolo del cielo: 4061 stelle.

nostro sistema solare, serviranno meglio alcuni paragoni che non le cifre per sè stesse. Rappresentando con 1 metro la distanza che ci divide dal Sole, e ponendo questo nel centro del sistema, questo globo avrebbe 9 millimetri di diametro, il nostro pianeta sarebbe un piccolissimo punto di $\frac{8}{100}$ di millimetro di diametro, e Nettuno, al confine della nostra repubblica planetaria, sarebbe una pallina del diametro di $\frac{32}{100}$ di millimetro collocata a *trenta metri* di di-

stanza. Ebbene! la stella più vicina troverebbesi a 222 chilometri di distanza: tale è la proporzione fra l'estensione del sistema solare e l'immensità intersiderale. Colà il primo Sole che incontriamo può essere rappresentato da una sfera di dimensioni analoghe a quelle che abbiam date al nostro Sole.

Supponiamo che un viaggiatore celeste sia rapito attraverso lo spazio con un moto di tale rapidità da percorrer in 24 ore tutta la strada che si estende dal Sole a Nettuno (più di 4 miliardi di chilometri). Una tal velocità è tanto enorme, ch'essa farebbe varcar l'Atlantico da Nuova York all'Havre in meno di $\frac{1}{10}$ di secondo. Il nostro viaggiatore varcherebbe in 48 minuti lo spazio che si estende dal Sole alla Terra, arriverebbe a Nettuno sul finire della prima giornata. Ma, dopo aver così attraversato tutto il sistema, viaggerebbe, sempre in linea retta e colla stessa velocità, durante quasi vent'anni prima di giungere al primo Sole, e avrebbe poi lo stesso viaggio a fare per raggiungerne un secondo, e così di seguito. La Terra sarebbe scomparsa ai suoi occhi fin dal mezzo della prima giornata, e tutti i pianeti sarebbero spariti prima del finire del terzo giorno; poi, il Sole stesso, diminuendo sempre più di grandezza e di splendore, sarebbe, d'anno in anno, disceso al rango di una stella qualunque.

Abbiamo mostrato più indietro che se si gettasse un ponte da qui al Sole, esso dovrebbe esser composto di *undicimila e seicento arcate larghe come la Terra.* Supponiamo siavi una pila a ciascuna estremità del ponte. Bisognerebbe costruire in seguito ad esso altri *duecentoventiduemila ponti simili* per arrivare al Sole più vicino; vale a dire che questa meraviglia di architettura imaginaria, più prodigiosa di tutte le favole dell'antica mitologia, e più favolosa ancora di tutte le novelle delle *Mille e una notti*, riposerebbe sopra 222 mila pile lontane l'una dall'altra 148 milioni di chilometri.

Una stella, un Sole, può esplodere. Se il rumore di una così spaventevole conflagrazione potesse trasmettersi sino a noi, non lo udiremmo che dopo *tre milioni d'anni almeno!*

Aggiungiamo da ultimo ancora, che il treno celerissimo (con velocità costante di 60 chilometri all'ora) varcherebbe in 266 anni lo spazio che ci separa dal Sole, e non arriverebbe alla stella più vicina (del Centauro) se non dopo una corsa non interrotta di *sessanta milioni di anni* all'incirca.

La sfera d'attrazione del Sole si estende, nell'intero spazio, molto al di là della distanza di Nettuno. Rigorosamente parlando, non vi ha nell'intero universo alcuna particella di materia che non debba in qualche modo subire l'influenza del Sole, e altresì quella della Terra e di qualunque altro corpo anche di minor massa; ogni atomo nell'universo influisce sopra ogni atomo, e si può dire che *una pietra smossa sulla Terra altera qualche cosa sulla Luna,* sopra Marte e sugli altri pianeti, nello spazio. Ma, come abbiam visto, l'azione è in ragion diretta delle masse e inversa del quadrato delle distanze.

L' influenza del Sole sulle stelle non è soltanto eccessivamente piccola per la quantità del movimento che produrrebbe in un dato intervallo di tempo, ma non è altro infine che uno scambio di azioni fra astri pari. D'altra parte il regno solare è tutt'all'intorno limitato, giacchè in tutte le direzioni intorno ad esso incontransi Soli innumerabili, e la sfera governata da ciascuna stella è altrettanto limitata di quella della nostra propria stella, di guisa che dovunque troveremmo delle regioni dove la sua influenza sarebbe neutralizzata.

La sfera d'attrazione del Sole si estende tuttavia molto oltre la distanza di Nettuno. Rigorosamente parlando, essa si estende indefinitamente fino ai punti in cui, nelle diverse direzioni, essa incontra delle sfere d'attrazioni stellari di eguale intensità (1).

La distanza d' α del Centauro è 262 volte maggiore di quella dell' afelio della grande cometa del 1860. A quella distanza l'attrazione solare non è più che 57 trilionesimi di millimetro! Se questa stella non avesse massa sensibile e gravitasse come un pianeta intorno al nostro astro centrale *la durata della sua rivoluzione sarebbe di 104 milioni di anni.* La sua velocità sarebbe di 62 metri al secondo, 3760 al minuto o 225 chilometri all' ora. La energia del nostro Sole la costringerebbe dunque ancora a correre con una velocità di 5417 chilometri al giorno, ciò che dà 1 978 000 chilometri all' anno e 207

---

(1) Se, come è probabile, Nettuno non è ultimo pianeta del sistema (non v' ha ragione perchè il limite della nostra visione segni il limite della natura), il pianeta che gli succede dev'essere situato, secondo ogni probabilità, alla distanza 48, e in questo caso il suo anno è di 333 volte piu lungo del nostro. Gravitando così a 10 mila volte il semidiametro solare, la sua gravità verso l'astro centrale sarebbe eguale a metri 0,0000013, vale a dire che la sua curva non differirebbe dalla linea retta che di 13 diecimillesimi di millimetro al secondo.

Abbiamo anche veduto che talune comete s' allontanano a distanze tali dal Sole, benchè sempre sotto l'influenza del suo potere, che, per esempio, quella del 1680, se ne sfugge lontano 28 volte il raggio vettore di Nettuno. Colà l'attrazione, la gravitazione verso il Sole, non ha più per misura che la cifra metri 0,000 000 004 166, ossia la frazione inconcepibile di quattro milionesimi di millimetro.

Ne consegue che i corpi, qualunque siano, che muovonsi intorno al Sole a quelle enormi distanze, vanno con una lentezza sempre maggiore. Laddove la terra corre sulla sua angusta orbita in ragione di 29,450 metri al secondo, Nettuno non si trasporta che in ragione di 5,300 metri. Dal punto di vista delle nostre velocità pratiche usuali, come quelle dei convogli ferroviarî, quest'è ancora una velocità enorme. Possiam renderci conto delle velocità che corrispondono a distanze di più in più grandi. La velocità media di un pianeta nella sua orbita può calcolarsi con questa formola semplicissima:

$$x = V\sqrt{\frac{1}{D}}$$

nella quale V rappresenta la velocità media della Terra in metri, al secondo, e D la distanza in funzione (in multipli o in parti) di quella della Terra dal Sole.

Alla distanza afelia della cometa del 1860, che va fino ad 850 raggi dell'orbita terrestre un pianeta gravitante circolarmente intorno al Sole farebbe ancora un po' più (1010 metri) di un chilometro al secondo, più di sessanta chilometri al minuto e più di 300 chilometri all'ora. Bisogna spingersi fino a 177 398 000 milioni di chilometri di distanza, per trovare una regione nella quale un pianeta circolerebbe intorno al Sole colla velocità di un treno celerissimo; ma se un tal corpo viaggiasse nel piano dell'eclittica non potrebbe compire il suo giro in causa dell'azione perturbatrice del nostro Sole vicino, α del Centauro, il quale trovandosi al di là di un quinto circa di tal distanza, sarebbe, in certe regioni, più vicino a questa che non il Sole stesso. Ma le comete viaggiano assai lentamente al loro afelio. Così, quella famosa del 1680, che percorre 393 000 metri al secondo al suo perielio, non si muove più al suo afelio che in ragione di 3 metri appena per secondo. È un soffio.

13.609

trilioni di chilometri per la circonferenza intera. Ma questa stella è un Sole come il nostro, incandescente, luminoso, di un volume enorme e di una massa ragguardevole.

Giacchè siamo entrati in queste considerazioni importanti della meccanica celeste, e siamo coraggiosamente decisi a voler renderci conto da noi medesimi dei rapporti che collegano il nostro Sole colle stelle, facciamo un passo di più per penetrare un istante nel mondo siderale e pregustarne alcun che, prima di fermarci nei fioriti sentieri delle descrizioni planetarie. Sarà il miglior modo di giudicare il Sole in mezzo ai suoi pari.

La stella di cui parliamo non è visibile in Europa, essendo piuttosto vi-

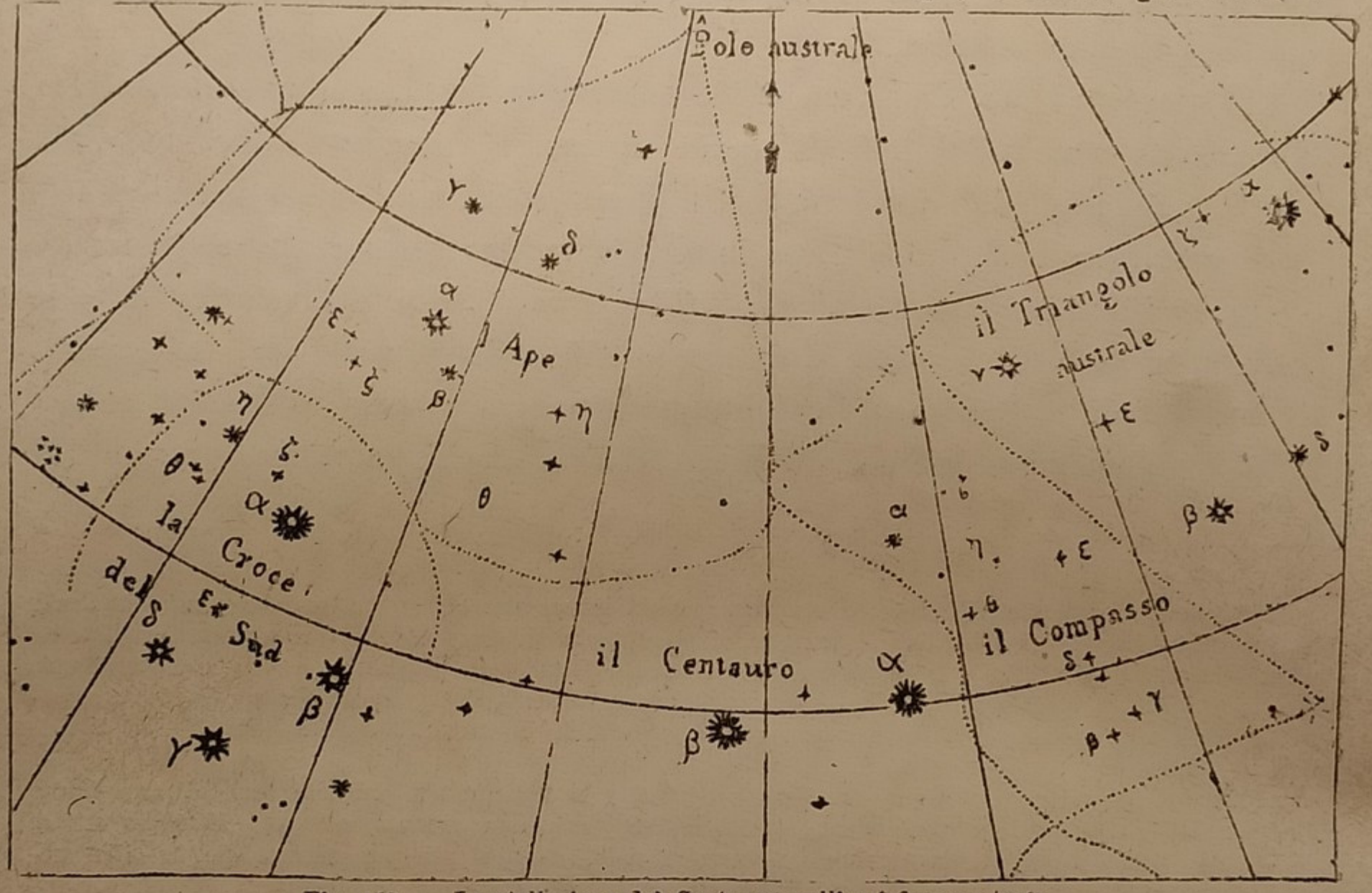


Fig. 168. — La stellazione del Centauro nell'emisfero australe.

cina al polo sud. La sua posizione (Ascen. retta 14^h 30′ 48″. Decl. austr. 60° 17′ 9) è segnata sulla figura 168: è la seconda delle due stelle di prima grandezza che si trovano a destra della Croce del Sud.

Possiamo senza molta fatica stimare *il peso di questa stella* la più vicina a noi. È una stella doppia, sulla quale ho potuto raccogliere due secoli di osservazioni e calcolarne l'orbita; le due componenti di questa coppia brillante girano l'una intorno all'altra in 88 anni. D'altra parte, la distanza media che le separa è di 18 secondi (15′, 5″ nel catalogo delle doppie annesso all'opera *Le Stelle* del P. Secchi). Ora, siccome a quella distanza dalla Terra, il raggio dell'orbita terrestre si riduce a 0″,92, un secondo rappresenta 40 milioni di leghe circa, e 18 secondi rappresentano 720 milioni. Tale è

dunque la distanza reale che divide l'uno dall' altro quei due Soli conjugati. E un po' meno di quella che intercorre fra Urano e il Sole.

Siccome a tanta lontananza una simile estensione lineare non può essere misurata con assoluto rigore, possiamo senza grande errore prender per base della nostra conclusione la distanza e il moto di Urano. Questo pianeta impiega 84 anni a compiere la sua rivoluzione; questa durata è un poco inferiore al periodo della nostra stella doppia: dunque dietro i principî che abbiamo esposti (pag. 292), il Sole duplice α del Centauro girando intorno al suo centro di gravità un po' più lentamente di quello che faccia Urano in-

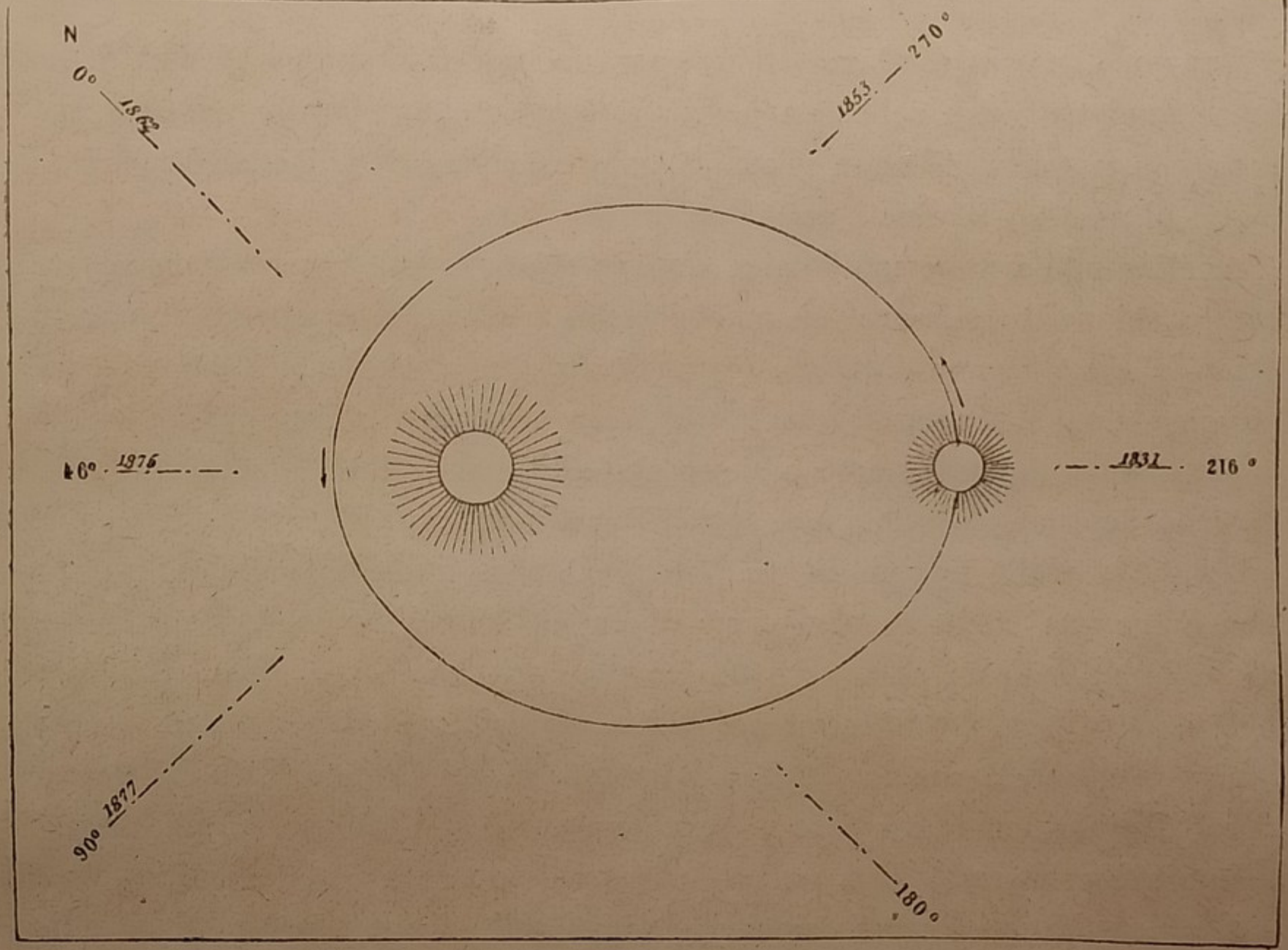


Fig. 169. — Sistema del Sole doppio Alfa-del Centauro.

torno al nostro centro planetario, è un po' meno potente, un po' meno pesante del Sole che ci rischiara. Sarebbe superfluo di spingere più oltre l'approssimazione, giacchè i dati per la discussione di questo sistema non sono peranco conosciuti con estrema precisione. Si può stimare che la stella più vicina a noi pesi press' a poco quanto il nostro Sole, piuttosto un po' meno.

Ne risulta che essa non può girare intorno al nostro Sole colla lentezza che abbiam poco stante attribuita al pianeta fittizio che supponevamo collocato a quella distanza sotto l'impero del nostro gran luminare. Questo Sole vicino esercita sul nostro un' influenza per lo meno altrettanto energica di quella che noi esercitiamo su di esso. Se dunque il doppio Sole α del Centauro

formasse col nostro un unico sistema, girerebbero entrambi intorno al loro comun centro di gravità, situato nello spazio press'a poco a metà strada fra essi, vale a dire che il raggio dell' orbita non sarebbe allora che la metà di quello dell' orbita che imaginavamo poco fa, e che la rivoluzione si troverebbe più che ridotta alla proporzione stabilita dalla terza legge di Keplero, e non sarebbe che di *13 milioni di anni.*

Se il nostro Sole e α del Centauro esistessero soli nello spazio, e formassero un sistema, è così che graviterebbero insieme. Ma nulla prova che le cose siano a questo modo. Del resto, esamineremo queste importanti questioni quando ci occuperemo delle stelle.

Quanto al presente, l' importante per noi era di non abbandonare il Sole senza renderci conto della sua posizione come stella, e senza indagare i rapporti che possono collegare il suo destino con quello degli altri focolari analoghi ad esso, disseminati nell'infinito.

Analizzando i movimenti della Terra, abbiamo già appreso che il Sole, centro del nostro sistema, si muove nello spazio e ci trasporta attualmente verso la costellazione d' Ercole (pag. 62, fig. 29). Quest' orbita del Sole nello spazio è essa una curva chiusa? Gira esso medesimo intorno ad un centro? Questo centro ignoto è fisso o si sposta alla sua volta di secolo in secolo, facendo descrivere al Sole e a tutto il nostro sistema planetario delle eliche analoghe a quelle trovate per la Terra? Oppure il nostro astro centrale, che non è che una stella, fa esso parte di un sistema siderale, di un ammasso di stelle animate da un movimento comune (ne ho scoperto parecchî esempî nel cielo)? Esiste un *Sole centrale dell' universo?* I mondi dell' infinito gravitano essi gerarchicamente intorno ad un focolare divino? Le ali della moderna Urania non raggiungono ancora nel loro volo codeste altezze trascendentali. Ma, è certo che il Sole deve nel suo corso subire delle influenze siderali, delle vere perturbazioni che fanno ondulare il suo cammino, e complicano ancor più, sotto forme ignote, il moto del nostro piccolo pianeta al par di quello di tutti gli altri. Un giorno, gli abitanti dei pianeti che gravitano nella luce dei Soli di Ercole vedranno una piccola stella entrare nel loro firmamento: sarà il nostro Sole che ci trascinerà in mezzo ai suoi bagliori; forse già a quest' ora stessa noi ascendiamo, polvere di un uragano siderale, in una via lattea trasformatrice dei nostri destini.

I moti proprî, da cui tutte le stelle sono animate, ci mostreranno più innanzi che i Soli dello spazio vogano in tutte le direzioni con velocità considerevoli. L'analisi della loro luce ci insegnerà che quei Soli lontani sono tanto caldi, tanto luminosi quanto quello che ci rischiara, circondati come questo da atmosfere vaporose in cui nuotano le molecole degli elementi in combustione. Lo studio delle loro masse e dei loro moti ci condurrà alla conclu-

sione che quegli irraggianti focolari sono, al par del nostro, il centro di altrettanti sistemi planetarî più o meno analoghi a quello di cui fa parte il nostro soggiorno, e che nella loro luce profonda gravitano pure delle Terre abitate, dei mondi popolati come il nostro, dei pianeti, dei satelliti e delle comete.

Nell' irradiazione di questi altri Soli palpitano altre esistenze. Alcuni sono anche più voluminosi, più importanti, più potenti del nostro bel Sole; altrî ne differiscono per lo splendore, pel colore e il carattere; qui ne vediamo alcuni scintillare di una luce ranciata: parecchî son rossi come il papavero, e quando si vedono entrare nel campo del telescopio, par di vedere una goccia di sangue luminosa caduta sopra il nero velluto del cielo, altri projettano il bagliore translucido del verde smeraldo; questi, il dolce lume dell' azzurro di zaffiro. Un gran numero di stelle sono doppie, triple, multiple di guisa che i pianeti che le circondano sono rischiarati da parecchî Soli di colori differenti. Talune variano periodicamente d' intensità luminosa; altre si spensero e sparvero completamente dal cielo.

Il nostro Sole non rappresenta un' eccezione privilegiata. Lo abbiamo già riconosciuto occupandoci del nostro proprio mondo; abbiam già veduto che è destinato esso medesimo ad estinguersi, il che accadrà successivamente di tutte le stelle; abbiamo già anzi previsto che cosa avverrebbe allora del nostro globo e degli altri pianeti del sistema. Ma ci siamo fermati ad un fine che non può essere generale, ma bensì soltanto particolare, e che non soddisfa la logica.

Abbiam lasciato la Terra agghiacciata e spopolata dal freddo, l'ultima famiglia umana addormentata nel novissimo sonno, il Sole progressivamente oscurato dalla formazione di una crosta solida intorno ad esso, l' intero sistema planetario privo ormai di quel calore e di quella luce che lo avranno fatto vivere tanti secoli, e ci siamo lasciati vedendo il Sole, enorme palla oscura, continuando il suo cammino nello spazio trascinando seco i suoi pianeti, oscuri, deserti, sepolcri ambulanti sempre tuttavia gravitanti intorno ad esso nella notte eterna. Che cosa diverranno questi mondi? La materia come la forza essendo ~~distruttibili~~ indistruttibili, continueranno essi a circolare eternamente nello spazio allo stato di scheletri cosmici? Per risolvere una tal questione siam costretti ad uscire dal dominio della scienza pura, ed entrare in quello dell'ipotesi. Ma, qui pure, sforziamoci di non dimenticare i principî rigorosi del metodo d'induzione scientifica.

Se tale fosse la fine definitiva dei mondi, se i mondi morissero per sempre, se i Soli una volta spenti più non si riaccendessero, è probabile che non vi sarebbero già più stelle in cielo.

E perchè?

Perchè la creazione è tanto antica (1), che noi possiamo considerarla come eterna nel passato. Dall' epoca della loro formazione, gli innumerevoli Soli dello spazio ebbero larghissimo tempo di spegnersi. Relativamente all'eternità passata non brillano che i Soli recenti. I primi sono spenti. L' idea di successione s'impone dunque da sè medesima al nostro spirito.

Qualunque sia l'intima credenza che ognuno di noi si è fatta nella propria coscienza sulla natura dell' universo, è impossibile ammettere l' antica teoria di una creazione fatta una volta per sempre. L' idea di Dio non è forse per sè medesima, sinonimo dell' idea di Creatore? Dal momento che Dio esiste, crea; se non avesse creato che una volta, non vi sarebbero più Soli nella immensità, nè pianeti che attingono ad essi intorno la luce, il calore, l'elettricità, la vita. Bisogna necessariamente, che la creazione sia perpetua. E *se Dio non esistesse,* l'idea dell'antichità, dell'eternità dell'universo s'imporrebbe con maggior forza ancora (2).

E, del resto, interroghiamo direttamente la natura, ed ascoltiamo la sua risposta.

Che cosa accade intorno a noi? Le stesse molecole materiali entrano successivamente nella composizione dei varî corpi. I corpi cambiano, la materia rimane. Nell' intervallo di un mese, il nostro corpo è interamente rinnovato. Uno scambio perpetuo si opera fra l' aria, l' acqua, i minerali, le piante, gli animali e noi stessi. Un atomo di carbonio che abbrucia attualmente nel nostro polmone ha forse abbruciato anche nella candela di cui si servì Newton nelle sue esperienze di ottica, o forse voi avete in questo momento nelle vostre mani degli atomi che hanno appartenuto al grazioso braccio di Cleopatra o alla testa di Carlomagno. La molecola di ferro è la stessa, sia che circoli nel sangue che palpita alle tempie di un uomo illustre, o che giaccia immobile in un vil frammento di ferraglia irrugginita. La molecola d' acqua è la stessa sia che brilli nell'occhio innamorato della fidanzata, sia che intercetti i raggi del Sole in una grigia uggiosa nuvolaccia, sia che precipiti in uno scroscio di pioggia sulla terra inondata. Scambio incessante durante la vita, scambio non meno rapido e continuo dopo la morte degli organismi. Allorchè la guerra ha seminato le sue vittime nei solchi dei campi, la vita sembra

---

(1) È inammissibile il principio di una creazione, dacchè la creazione continua incessantemente; le nebulose che si scindono, i soli, i pianeti che si vanno formando negli abissi dello spazio sono allora altrettante creazioni, e pei futuri uomini che nasceranno là, la creazione avrà cominciato all' epoca indicata da qualche loro Mosè! Per noi risale a milioni di secoli, ma prima? e quelle stelle la cui luce impiega ad arrivarci maggior tempo di quello assegnato alla creazione terrestre? Chi può dire quando Dio abbia cominciato ad accorgersi di essere onnipotente? Come l'universo e Dio sono infiniti lo è pure la natura, materia e forza sono ab eterno e in eterno. e così il tempo.
IL TRAD.

(2) Non è qui il luogo di entrare in alcuna discussione su questa questione di filosofia pura e non di scienza positiva. — Vedi la nostra opera *Dio nella natura,* o lo Spiritualismo e il Materialismo dinanzi alla scienza moderna.

Fig. 170.
Sull'affusto del cannone smontato sbocciano i fiori e cantano gli uccelli: la natura riprende sempre i suoi diritti.

precipitarsi in nuovi fiotti per colmare i vuoti; sull'affusto del cannone smontato sbucciano i fiori, e l'uccello vi posa il suo nido e canta; la natura riprende sempre i suoi diritti. La materia degli esseri non rimane immobile, ma rientra nella circolazione della vita. Ciò che noi respiriamo, mangiamo e beviamo fu già respirato, mangiato e bevuto migliaja di volte. Noi siam fatti colla polvere dei nostri antenati.

Ecco che cosa accade intorno a noi. Ora, nella natura non v'ha nè grande nè piccolo. Gli astri sono gli atomi dell'infinito. Le leggi che governano gli atomi governano anche i mondi.

La stessa quantità di materia esiste sempre. Dopo essere stata impiegata a formar delle nebulose, dei Soli, dei pianeti e degli esseri, essa non giace inattiva, essa rientra in una circolazione novella: se fosse altrimenti il mondo finirebbe; se fosse diversamente, verrebbe il giorno in cui tutti i mondi sarebbero morti, sepolti nella notte, circolando, cadendo senza scopo nel nero deserto dello spazio, eterna solitudine che nessun raggio di luce rischiarerebbe mai più. È questa una prospettiva che non dà alcuna soddisfazione alla logica la più elementare.

Ma con qual processo naturale possono risuscitare i mondi morti? Quando il nostro Sole sarà spento (e non v'è alcun dubbio che in un futuro, lontanissimo, nol sia per essere) come ritornerà esso nella circolazione della vita universale?

Lo studio della costituzione dell'universo che a' nostri tempi è ancora ai suoi primordî, permette tuttavia già di proporre due risposte a cosiffatto quesito, ed è assai probabile che la natura, la quale tanto difficilmente si lascia strappare i suoi segreti, ne tenga altri in serbo più ardui ancora, per la scienza dei secoli futuri.

Due globi morti possono rivivere e ricominciare un' èra nuova riunendosi in virtù delle leggi semplicissime della gravitazione (1).

---

(1) Supponiamo, per fissare le nostre idee, che un globo oscuro, grande come la Terra, o anche voluminoso quanto il Sole, poco monta, sia lanciato nel vuoto. Esso porta con sè la sua forza viva, e, se è solo nello spazio, continuerà ad andare in linea retta, sempre colla stessa velocità senza poterla rallentare, nè accelerare, nè deviare di un jota dalla sua trajettoria, ed anderà così eternamente; la forza che lo anima sarà sempre impiegata a fargli percorrere lo stesso numero di metri all'ora. Ma supponiamo adesso, che appunto là in fondo, nel luogo verso cui viaggia, in una direzione diametralmente contraria si muova verso di esso una seconda sfera, di *ugual* massa che noi avessimo lanciato verso il primo coll'*egual* velocità: quando si verranno incontro si urteranno normalmente, e si arresteranno di botto. Che diventerà la forza che li animava, giacchè nulla in natura va perduto? Essa si trasformerà; il moto fino allora visibile, diventerà un movimento invisibile (moto di massa cambiato in moto molecolare calorico), esattamente della stessa intensità del primo, il quale mettendo in vibrazione le molecole costitutive delle due masse, distruggerà la coesione di queste molecole, le staccherà le une dalle altre, e di due globi freddi ed oscuri farà un Sole ardente e smagliante: *Nulla si perde; nulla si crea.*

L'ipotesi testè avanzata si realizzerebbe da sè medesima senza bisogno che noi lanciassimo i due globi un contro l'altro, ma collocandoli semplicemente nello spazio ad una distanza qualunque fra loro. In virtù delle leggi della gravità si dirigeranno lentamente uno verso l'altro e giungeranno fatalmente a riunirsi con un urto sfolgorante che li trasformerà in un solo od in una nebulosa. Supponiamo, per esempio che il nostro Sole e il Sole Sirio solamente esistano nell'infinito; che la parallasse di questo Sole sia di un mezzo se-

Quando il nostro Sole sarà spento e ruoterà, globo oscuro, attraverso lo spazio, potrà — nuova fenice — risuscitare dalle sue ceneri, per l'incontro di un altro Sole estinto, e riaccendere così la fiaccola della vita per nuove Terre, che le leggi della gravitazione staccheranno dalla nebulosa così formata, come hanno staccato la nostra Terra attuale e le sue sorelle dalla nebulosa a cui apparteniamo. In questo momento il Sole viaggia con gran velocità verso le stelle della costellazione di Ercole. Ogni stella è animata da un moto proprio che la trasporta col suo sistema attraverso l'immensità. Parecchî di codesti movimenti sono rettilinei. Non è dunque impossibile che due astri si incontrino nello spazio, e qui sta forse il segreto della risurrezione dei mondi.

Forse è nei destini generali dell'Universo che il Sole si diriga precisamente verso una tal meta ch'ei non toccherà che dopo la sua morte, e quest'è per avventura la causa finale del moto proprio di tutti i Soli nello spazio. Ma noi possiamo nel tempo stesso concepire un secondo processo di distruzione e di risurrezione di cui farebbero testimonianza gli aeroliti, le stelle cadenti le comete (1).

---

condo, che abbiano la stessa massa e siano immobili. In conseguenza delle leggi di gravità, essi si sentono attraverso lo spazio e si attraggono reciprocamente: appena posti nel vuoto essi tendono ad avvicinarsi. La caduta sulle prime è infinitesimale. Durante il primo giorno non cadranno l'uno verso l'altro che di una minima frazione di millimetro: è una cosa insensibile. Ma il moto si va accelerando. In capo ad un anno l'avvicinameuto diventa già apprezzabile. Eccoli in viaggio uno alla volta dell'altro come le nostre due sfere poc'anzi imaginate. E dopo *trentatrè milioni di anni* di incessante caduta vengono a precipitarsi l'uno sull'altro con una tale velocità che si uniscono, si compenetrano, si fondono, si evaporizzano in una sola nebulosa, immensa e sfolgorante di luce.

I principî della termodinamica dimostrano che, quando un aerolito viene dalle profondità infinite dei cieli a precipitarsi nel Sole coll'inaudita velocità di 608 mila metri nell'ultimo secondo di caduta, la trasformazione del suo movimento sviluppa un calore più di novemila volte superiore a quello generato dalla combustione di una massa di carbon fossile pari a quella del detto aerolito. Che l'aerolito sia combustibile o no, la combustibilità non accrescerebbe di nulla quasi lo spaventevole calorico generato dal suo urto meccanico.

Se la terra cadesse sul Sole, essa aumenterebbe il calor solare di una quantità sufficiente per alimentare durante 95 anni l'emissione solare! E noi abbiamo visto quanto sia prodigiosa questa emissione. Ebbene! se si fermasse la Terra nel suo corso intorno al Sole, abbastanza lentamente perchè il calorico sviluppato da questo arresto non riducesse essa medesima in vapore, cadrebbe sul Sole, alla cui superficie giungerebbe in 64 giorni, e la sua riunione col focolajo solare, benchè non fosse per aggiungere che un atomo all'enorme massa dell'astro diurno, fornirebbe un contingente di 95 anni di emissione di calor solare. L'urto di Giove fornirebbe una quantità di calore eguale a quella dell'emissione solare per 32 mila anni; il calor totale prodotto dalla caduta di tutti i pianeti nel Sole alimenterebbe l'emissione durante 45 mila anni.

(1) Le pietre che cadono dal cielo, o aeroliti, mostrano per la loro struttura a frammenti che provengono da mondi distrutti. Se ne sono raccolte di tutte le dimensioni, del peso di qualche grammo come del peso di migliaja di chilogrammi. La figura 171 ne dà una prima idea: noi vi ritorneremo più tardi, nel Libro che tratta delle Comete.

Come mai un mondo può frantumarsi in tal guisa? — L'ignoriamo, e il fatto sembra perfin contrario alle leggi della gravitazione.

Ma che cosa è la gravitazione nella sua essenza? Anche questo ci è ignoto. Questa forza d'attrazione è forse assoluta? I corpi non possono giungere a certi stati fisici o chimici nei quali la gravitazione perda i suoi diritti? Ebbene! ammettiamo per un momento che, in conseguenza del raffreddamento secolare, della sua solidificazione, della sua aridità, il nostro globo giunga in un giorno a screpolarsi e che più tardi i suoi materiali costitutivi cessino di obbedire alla forza di aggregazione che li manteneva riuniti: il nostro globo, pietroso fino al suo centro, sarebbe allora formato di materiali semplicemente sovrapposti, i quali non

Come l'aquila che si inalza sempre più sublime nelle alte regioni in cui l'atmosfera stessa scema di densità, noi navighiamo qui in piena ipotesi, dominando i misteriosi orizzonti dell' avvenire. Se la Terra vive un sufficiente numero di secoli è possibile ch'essa pure cada nel Sole. « Creata semplicemente — dice Tyndall — per la differenza di posizione nelle masse che si attraggono, la energia potenziale della gravitazione fu la forma originaria di tutta l'energia dell'universo. Come è certo che i pesi di un orologio scendono alla loro posizione più bassa, da cui non possono mai risalire, a meno che non venga loro comunicata una nuova energia, del pari, mano a mano che i secoli si succedono, i pianeti debbono cadere successivamente sul Sole e produrvi migliaja di volte tanto di calore quanto ne produrrebbero, abbruciando, delle masse di carbone di pari dimensioni. Qualunque debba essere la sorte definitiva di questa teoria, essa stabilisce le condizioni che genererebbero certamente un Sole, e mostra nella forza di gravitazione, agente

Fig. 171. — Aerolito caduto a Caille (Varo) del peso di 625 chilogrammi.

---

sarebbero più trattenuti da veruna forza centrale, alla guisa del cadavere che abbandonato all' opera della distruzione, lascia a ciascu • delle molecole che lo compongono la facoltà di lasciarlo per sempre per obbedir quind'innanzi a nuove influenze. Che cosa accadrà di questo pianeta morto, di questo cadavere del mondo? L'attrazione della Luna, se ancora questa esistesse, s'incaricherebbe da sè sola di demolirlo, producendo una marea di frammenti di Terra, invece di una marea liquida. Vi s'aggiungano le altre perturbazioni planetarie, ed ecco in pochi secoli il nostro povero globo disaggregato, che perde la sua forma sferoidica per andare a spandersi insensibilmente lungo la sua orbita. Ecco il sistema planetario in pezzi. Tutto va a cader a catafascio nel Sole. E se tale è anche il destino finale del Sole, ecco questo astro nero disaggregato esso pure, e tutte le particelle costituenti del sistema solare trascinate nello spazio, e destinate ad esser disseminate attraverso il campo del cielo. Polvere dei mondi, essa galleggerà nel vuoto fino a che, un giorno, arrivando nelle regioni di una nuova risurrezione, sia rigettata nei crogiuoli della creazione, attratta da un centro fecondo, in cui da ogni parte, delle polveri cosmiche analoghe si precipiteranno per formare tutti insieme, colla loro caduta, un nuovo focolare d' incandescenza e di creazione.

sopra una massa oscura, la sorgente da cui tutti gli astri possono generarsi. »

Il matematico e fisiologista Helmholtz, ammettendo, secondo la teoria di Kant e di Laplace, che la materia nebulosa di cui fu costituito il sistema solare sia stata nel primo istante di un'estrema tenuità, ha determinato la quantità di calore che dovette generarsi dalla condensazione a cui dobbiamo l'esistenza del Sole, della Terra e dei pianeti. Assumendo il calorico specifico dell'acqua come quello della massa condensantesi, la elevazione di temperatura prodotta dalla formazione meccanica del Sole sarebbe stata di 28 milioni di gradi! La condensazione ulteriore di polveri cosmiche disseminate nello spazio basta dunque, essa pure, ampiamente alla creazione di nuovi mondi.

Dobbiam dunque, in conclusione, restar persuasi che la natura tiene in serbo le cause di risurrezione come tiene nelle mani le cause di distruzione. Per essa, il tempo è nulla. Un atto che richiede centomila anni per compiersi è altrettanto nettamente determinato e compiuto quanto un atto che non richiede che un minuto. Assolutamente parlando, non esiste che la sola eternità, e il tempo non è che una forma relativa. In quanto alle nostre personalità umane o alla loro risurrezione, sarebbe per noi del più alto vantaggio il poter conoscere l'essenza dello spirito. Ognuno degli atomi costitutivi del nostro corpo è indistruttibile e viaggia incessantemente da una incorporazione ad un'altra. La logica ci conduce a pensare che la nostra forza virtuale, la nostra nomade psichica, il nostro *io* individuale, sia del pari, e a più giusto titolo indistruttibile. Ma in quali condizioni sussisterà esso? Sotto quali forme si reincarnerà? Che cosa eravamo noi prima di nascere e che cosa diventeremo dopo la morte? L'astronomia ci dà una prima risposta, degna della maestà della Natura ed in intima corrispondenza colle nostre aspirazioni remote. Ma questa risposta non può essere che il corollario di una soluzione psicologica. Che i filosofi imitino gli astronomi! Lavorino sopra i fatti invece di speculare sulle parole, e un giorno il velo d'Iside sarà completamente sollevato per le nostre anime tanto legittimamente avide del vero. La scienza positiva, la scienza sola risponderà: *la vita è universale ed eterna.*

CAPITOLO VII.

La luce. — Sua natura; sua velocità. — L'analisi spettrale. La composizione chimica del Sole e deico rpi celesti.

V'hanno nella scienza pochi punti così oscuri, come quello di cui scrissi il nome a capo di questo capitolo. Quale è la natura essenziale della *luce?* Come vediam noi l'universo? In che modo irradia un corpo luminoso, e per mezzo di qual veicolo i suoi raggi arrivano ai nostri occhî? Da migliaja di anni forse si discute intorno a questo gran problema. Gli antichi credevano che certi raggi (filamenti analoghi alle antenne dei coleotteri) partissero dai nostri occhî per andar a toccare gli oggetti lontani; Newton al contrario opinava che gli oggetti emettessero delle particelle luminose che attraversando lo spazio venivano a colpire la nostra rétina; Young e Fresnel dimostrarono più tardi che i corpi luminosi non emettono punto particelle materiali, ma che fanno vibrare il fluido ambiente a quel modo che la campana fa vibrar l'aria, ciò che ha condotto ad imaginare come indispensabile alla propagazione della luce un certo fluido, detto *etere,* immensamente leggiero, e diffuso nell'universo spazio. Siffatte dissertazioni sulla luce non datano da tempi moderni. L'autore della *Genesi* non ha forse creduto di poter imaginar la luce creata quattro giorni prima del Sole, aggiungendo che prima della creazione del Sole v'erano già delle sere e delle mattine, dei giorni e delle notti! Che cosa è la luce di uno spazio assolutamente nero, senza Sole, senza Luna e senza stelle? È conosciuta la definizione che Voltaire ha dato della metafisica: « Allorchè due uomini discorrono fra loro, e il primo non s'intende egli stesso, e quello che ascolta fa le viste di non intenderlo; ecco della metafisica. » Bisogna pur confessare che ben sovente i metafisici hanno dato ragione a questa definizione. Invece di porre chiaramente i problemi, si è cominciato con l'imbrogliarli. La teoria della luce è stata molto oscura fino al nostro secolo: appartiene a Young il vanto di aver arrestata la corrente che, appoggiata all'autorità di Newton, si opponeva al progresso dell'ottica, e di avere stabilita questa teoria sopra una base che sembra definitivamente assodata.

Come si vedono le onde circolari dell'acqua di un bacino succedersi intorno al punto in cui quella fu toccata; come l'aria si condensa e si dilata in onde

sferiche intorno al diapason che risuona, così ancora il fluido etereo che riempie lo spazio dà origine ad una serie di onde sferiche succedentisi tutt'intorno a ciascun corpo luminoso. Le onde liquide si trasmettono tanto lentamente che l'occhio ne segue il moto con facilità; quelle dell'aria scorrono colla velocità di 340 metri al secondo, variando colla temperatura e la densità dell'atmosfera; quelle dell'etere varcano l'immensità colla vertiginosa velocità di 75 mila leghe al secondo (300 mila chilometri). Il fatto più maraviglioso si è che ogni stella, ogni Sole dello spazio è il centro di ondulazioni costanti, che vanno così *incrociandosi perpetuamente attraverso la immensità, senza mai confondersi* nè mescersi mutuamente. Confesso, per parte mia, che questo fatto mi sembra assolutamente incomprensibile.

La velocità della luce è conosciuta approssimativamente da più di due secoli. Ecco la prima notizia che la natura ne ha dato allo spirito umano. Il pianeta Giove gira intorno al Sole accompagnato da quattro satelliti che attraversano di quando in quando l'ombra che il pianeta lascia dietro di sè, come fa la Luna riguardo a noi. Queste eclissi dei satelliti di Giove tornano opportune per calcolar le longitudini in mare, e fin dai tempi di Luigi XIV si costruirono delle tavole delle loro epoche allo scopo di osservarle attentamente. Ma non si tardò a notare che esse non ritornavano regolarmente; alcune volte anticipavano sull'ora indicata dal calcolo, e qualche volta ritardavano (1). Si corressero le Tavole senza perciò ottener maggior precisione. Tuttavia, i moti dei satelliti di Giove sono regolari, e quegli avanzamenti come quei ritardi non potevano essere che apparenti. Gli astronomi classici, Cassini, Fontenelle, Hooke, ne cercarono indarno la spiegazione, rifiutandosi ad ammettere che la luce, la cui propagazione era sempre stata considerata come istantanea, impiegasse un certo tempo per venire da Giove sino alla Terra, allorchè uno studioso della natura, Olao Rœmer, giovane danese allora all'Osservatorio di Parigi, si pose a discutere liberamente tutte le osservazioni, e provò all'evidenza (nel 1675) che le eclissi si trovano in ritardo quando la Terra è più lontana da Giove, e in avanzo, quando è più vicina, con una differenza che gli parve essere di 22 minuti pel diametro intero dell'orbita terrestre: ne concluse naturalmente che il divario proveniva semplicemente dalla distanza, dacchè la luce deve impiegare tanto maggior tempo ad arrivarci quanto maggiore è la distanza del punto di partenza.

---

(1) Allorchè la Terra trovasi in *A* (fig. 172), si vede cominciar l'eclisse del Satellite un po' più presto: quando è in *B* la si vede ritardare, con una differenza di tempo pari a quello che la luce impiega ad attraversare l'orbita terrestre. Precisamente il ritardo aumenta progressivamente partendo dal punto *A* fino al luogo *B*, ma in questo punto precisamente non si osservano eclissi, perchè il Sole viene a collocarsi fra Giove e noi; non si tien conto della differenza che per far il calcolo.

L'esperienza di Rœmer fu rinnovata, verificata, perfezionata, e da lungo tempo le predizioni di queste eclissi son fatte tenendo conto della variazione della distanza della Terra da Giove.

Il fatto della propagazione successiva della luce venne confermato nel 1827 dall'astronomo inglese Bradley colla sua scoperta dell'*aberrazione*, o del moto annuo apparente delle stelle (che abbiamo già spiegato alla pagina 78, nelle prove del moto di traslazione della Terra intorno al Sole). Questo movimento, che ha un'amplitudine di 40″, e $\frac{1}{2}$, mostra che la velocità della luce è di 10 000 volte maggiore di quella della Terra, e che la luce del Sole deve impiegare 8^m 13^s per attraversare lo spazio che ci divide da quest'astro. Questa misura era più precisa della prima.

Fig. 172.
Eclisse di un satellite di Giove.

Senza servirsi dei fenomeni celesti, col mezzo di un lume, di un cannocchiale, d'uno specchio e di un ingegnoso apparecchio, il signor Fizeau misurò nel 1849 questa velocità fra due stazioni terrestri lontane fra loro soltanto 8633 metri (Montmartre e Suresne), ed ha trovato 315 mila chilometri al secondo.

Nuove esperienze fatte da Foucault nel 1850, rinnovate poi nel 1862, danno per questa velocità la cifra di 298 mila chilometri.

Le esperienze riprese nel 1874 dal signor Cornu, ed effettuate fra l'Osservatorio e la torre di Montlhéry, diedero la cifra di 300 400 chilometri. Quest'ultimo valore è il più sicuro. Ripigliando il problema da un'altra strada, si trova dunque che, essendovi 148 milioni di chilometri dal Sole alla Terra, il raggio luminoso varca questa distanza in 493 secondi che fanno per l'appunto 8 minuti e 13 secondi.

Pertanto, allorchè noi vediamo un'eruzione slanciarsi dal lembo solare, il fatto è già compiuto da otto minuti; quando vediamo un satellite di Giove perdere la sua luce, v'ha un minimo di trentaquattro minuti passati dal momento che l'eclisse ha avuto luogo; quando osserviamo Nettuno, lo vediamo tale quale era quattro ore prima; e quando guardiamo una stella, non la vediamo come è adesso, ma come era all'istante il cui raggio luminoso ne è partito, cioè tre anni fa, se si tratta della più vicina; dieci

anni, venti, cinquanta, cento, mille, diecimila anni fa, seconda della distanza. Similmente un occhio miracoloso collocato a queste distanze successive vedrebbe attualmente la Terra di tre anni, dieci, ecc., mille anni or sono, a norma delle distanze. La luce fa del passato un presente eterno.

Tale è la trasmissione successiva della luce. Ma come rappresentarci l'azione del Sole nella produzione di questa luce?

Avvertiamo dapprima che l'astro irradiante ci invia del calore contemporaneamente alla luce, e che vi ha spesso mescolanza fra le due specie di raggi. L'esperienza giornaliera ci mostra anche che il calore portato ad un certo grado diventa luce. D'altra parte, noi sappiamo che il calorico è una forma di movimento, null'altro: *il moto delle molecole in rapida vibrazione è calore pel tatto* (1). La luce non è altro del pari che una vibrazione.

Non esiste materia solida propriamente detta, ed è questo un fatto non meno degno di considerazione di quello delle grandezze e dei moti astronomici. Nel minerale più denso, in un pezzo di ferro, d'acciaio, di platino, le molecole non si toccano. La coesione, che è l'attrazione delle molecole, mantiene la figura dei corpi che chiamiamo solidi; ma il calore le scosta più o meno le une dalle altre, animandole di un moto vibratorio; se questo calore è sufficiente, la coesione scema di energia, lo stato *solido* scompare e le molecole scorrono le une sulle altre: ecco lo *stato liquido*. Se il calore è ancor più elevato, vale a dire se il moto vibratorio molecolare si fa più violento, le molecole sfuggono affatto alla coesione, e il corpo diventa *vapore* o *gas*. Pertanto non v'ha materia solida, e il moto calorico fa passare i corpi pei tre stati. È certamente strano il pensare che il nostro corpo stesso non è più solido di tutto il resto; ma formato di molecole che non si toccano e trovansi in perpetuo movimento. Forse gli stessi atomi costitutivi ruotano sopra sè medesimi e girano gli uni intorno agli altri (2)... Se voi aveste una vista ab-

---

(1) Battiamo un pezzo di ferro: il moto muscolare del braccio si trasmette alle molecole del ferro allo stato di moto invisibile ed è questo movimento invisibile che noi chiamiamo calorico. Lo sfregamento sviluppa calorico e questa fu la primitiva sorgente di fuoco presso in nostri antenati, come lo è ancora oggi presso parecchie popolazioni selvaggie. La termodinamica ha potuto valutare l'equivalente meccanico nel calore, e si sa oggidì che il calore necessario ad inalzare di 1 grado C. la temperatura di 1 chilogrammo di acqua equivale ad una forza meccanica capace di sollevare ad 1 metro di altezza 424 chilogrammi e reciprocamente. *Il calorico è una forma di movimento.* Una palla di piombo di un chilogrammo cadendo da 424 metri d'altezza arriva con una velocità di 91 metri al secondo, e siccome la sua capacità calorifica è un trentesimo di quella dell'acqua, il suo incontro inalzerebbe la sua temperatura di 30 gradi se la Terra stessa non si scaldasse per l'urto. Un simile proiettile, lanciato con una velocità 5 volte più grande, ossia di 455 metri, acquisterebbe un grado di calore 25 volte più elevato, ossia di 750 gradi, urtando in una mira che non si scaldasse. Vale quanto dire che se una volontà superiore potesse arrestar di botto nello spazio questa piccola palla così lanciata, essa fonderebbe istantaneamente e colerebbe come acqua! Se la Terra venisse del pari istantaneamente arrestata nel suo corso, essa sarebbe non solamente fusa per la trasformazione del moto calorico, moto di massa in moto vibratorio molecolare, ma anche ridotta quasi totalmente in vapore.

(2) Potrebbe darsi per avventura che gli atomi materiali delle varie sostanze semplici non fossero che piccoli sistemi stellari multipli ogni cui elemento non sarebbe che un atomo etereo: e

bastanza lincea per vedere intimamente le materie che compongono il vostro corpo, voi non le vedreste più, giacchè la vostra vista vi passerebbe attraverso. E quale non è mai la piccolezza di queste parti costitutive! I globuli rossi che compongono il sangue umano hanno la forma di lenti microscopiche del diametro di soltanto $\frac{1}{15}$ di millimetro: converrebbe allinearne centotrenta per fare la lunghezza di un millimetro. Una goccia di sangue di un millimetro cubo contiene all'incirca 5 milioni di globuli, un litro di sangue normale ne contiene 5000 milioni e nelle nostre arterie e nelle vene scorrono da 25 a 30 miliardi di codesti crepuscoli organici! Se si rarefanno o si moltiplicano, noi siamo morti! Se si coagulano, si raffreddano, o si scaldano, noi siamo morti! Si arrestino e siam perduti: ad ogni battito del nostro cuore, una impulsione violenta e rapida projetta il sangue fino all'estremità delle membra; centomila volte al giorno, trentasei milioni di volte all'anno la stessa pulsazione ricomincia, fino al giorno in cui il muscolo stanco si ferma e ci invita a dormire profondamente dell'ultimo sonno.

Le molecole costitutive dei corpi non sono fra loro a contatto. È per questo fatto che si spiegano la dilatazione e il cambiamento di stato dei corpi sotto l'influenza del calore. Nessuno ha idea dell'energia delle forze atomiche in azione intorno a noi. Riscaldiamo un chilogrammo di ferro da 0 a 100 gradi: si dilaterà di circa $\frac{1}{800}$, valore insensibile all'occhio, e tuttavia la forza che ha prodotto questa dilatazione sarebbe capace di sollevare un peso di 5000 chilogrammi all'altezza di un metro. La gravitazione scompare quasi in confronto di codeste forze molecolari; l'attrazione esercitata dalla Terra sul peso di un mezzo chilogrammo preso in massa, è un nulla paragonata alla mutua attrazione delle sue proprie molecole. Nella combinazione di un chilogrammo di idrogeno con 8 chilogrammi d'ossigeno per formar acqua, si svolge un lavoro capace di elevare di 1.° la temperatura di 34 mila chilogrammi d'acqua, o d'inalzare all'altezza di un metro 14 milioni di chilogrammi in massa.

Allorchè una spranga di ferro scaldata comincia ad essere abbastanza calda per diventar luminosa, essa mette l'etere in vibrazione colla inaudita velocità di 450 trilioni di ondulazioni per secondo. La lunghezza d'onda del rosso estremo è tale che ne occorrerebbero 15 000 collocate di seguito l'una all'altra per giungere ad una lunghezza di un centimetro. Siccome la luce percorre 300 000 chilometri al secondo, ossia 30 mila trilioni di centimetri,

---

che la differenza di disposizione, di velocità, di inclinazione negli assi, di numero, ecc., fosse la ragione dell'apparente diversità di sostanze, dacchè noi sappiamo che la materia è *una* in tutto l'universo, poichè sotto qualunque nome essa obbedisce alle leggi fisiche che reggono la natura. — Ne sarebbe indizio il fatto che la combinazione di due atomi di *sostanze diverse* sviluppa *calore ed elettricità* talora anche *luce*, vale a dire un'eccitazione vibratoria, la quale dà certamente (per me) indizio di una perturbazione qualunque avvenuta nei moti orbitali o rotatori degli elementi dei due atomi. IL TRAD.

moltiplicando questo numero per 15 000, si ottiene la cifra soprascritta. *Tutte queste onde* (450 000 000 000 000) *entrano nell' occhio nel batter di un secondo di tempo!* (1).

Se riceviamo un raggio di luce sopra una lente (convergente) otterremo un fascetto luminoso ben spiccato che, diretto sopra una faccia di un prisma di cristallo, lo attraverserà rifrangendosi; uscendone, quel raggio, invece di formare un punto bianco sopra uno scherma, projetterà un nastro colorato colle tinte dell' arcobaleno. Con questa esperienza, Newton dimostrò che la luce bianca del Sole si compone di sette colori diversi, che furono detti elementari, le cui svariatissime mescolanze dànno origine a tutti i colori possibili. Quei raggi colorati, che formano l'anzidetta imagine, chiamata *spettro solare*, sono disposti nel seguente ordine: *Violetto, indaco, azzurro, verde, giallo, ranciato, rosso* (2).

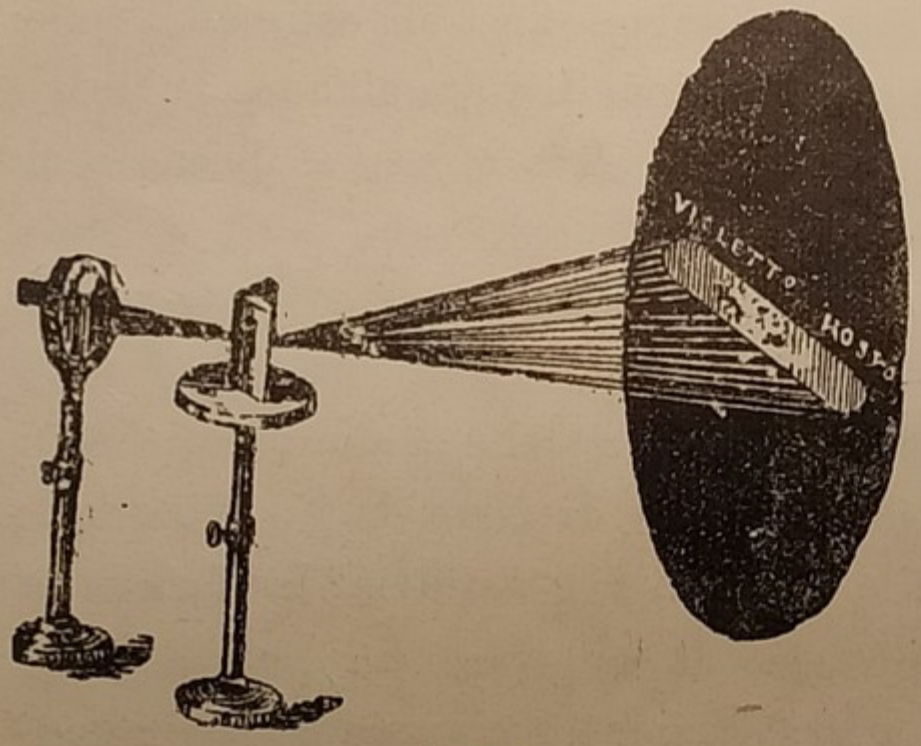


Fig. 173.

Questi colori si separano ciascuno secondo il proprio carattere: il più ardente, il rosso, non si lascia quasi deviare dal suo cammino primitivo e arriva in linea retta: il ranciato subisce alquanto l'influenza del prisma e viene a collocarsi a fianco; il giallo la subisce ancora di più; il verde, poi l'azzurro, sono ancora più dolci e più deboli e prolungano la zona... In realtà non vi sono soltanto sette colori, ve ne ha un numero infinito: ai tempi di Newton il numero 7 era ancora un numero sacro.

La lunghezza dello spettro non rappresenta che la luce: vale a dire i raggi solari sensibili per la nostra retina. Il nostro occhio incomincia a vedere quando le vibrazioni eteree raggiungono la velocità di 450 trilioni, e cessa di vedere quando oltrepassano la cifra di 700 trilioni (viola porpora); ma al di là di questi limiti la natura lavora pur sempre, — a nostra insaputa. Certe sostanze chimiche, la lastra fotografica, per esempio, veggono

---

(1) Quel che ci viene dal Sole e da tutte le sorgenti di luce e di calore, non è dunque, rigorosamente parlando, nè della luce, nè del calore, poichè queste sono impressioni, ma del *movimento*, del movimento immensamente rapido. Non è del calore che si diffonde nello spazio, giacchè la temperatura dello spazio è e rimane dappertutto glaciale. Non è della luce, perchè lo spazio è costantemente l'oscurità che ci presenta a mezzonotte. Non è neppure dell' elettricità, nè del magnetismo. È moto, vibrazione rapida dell'etere, che si trasmette all'infinito e non produce effetto sensibile se non quando incontra un ostacolo che lo trasforma.

(2) Se lo spettro fosse circolare, il violetto si troverebbe fra l'indaco e il rosso; in tal caso si verificherebbe essere soltanto tre i colori elementari: bleu, giallo e rosso, poichè si potrebbero scomporre gli altri così: verde = azzurro + giallo; ranciato = giallo + rosso; violetto = rosso + bleu: ammettendo che indaco e azzurro sieno gradazioni o toni di uno stesso colore. IL TRAD.

più lontano di noi, al di là del violetto: là vi sono *raggi invisibili* pei nostri occhî.

Il nostro orecchio percepisce le vibrazioni aeree da 32 per secondo (suoni gravi) fino a 36 000 (suoni acuti); al di là non udiamo più. I nostri sensi adunque sono limitati, ma non i fatti della natura. I colori sono, come le note della gamma, effetti di numeri: in musica come in pittura, vi sono dei *toni*.

Gli è la disposizione molecolare delle sostanze riflettenti o trasparenti quel che dà origine alle diverse riflessioni della luce, vale a dire ai colori dei corpi. Una lieve differenza produce, qui, un occhio azzurro e pensoso, là un occhio bruno fiammeggiante, altrove uno sguardo duro e antipatico. Questa rosa splendida che s'apre odorosa in mezzo al giardino riceve la stessa luce che il giglio, l'iride, la violetta e il girasole; la varia riflessione molecolare produce tutta la differenza, e si può ben anche dire, senza metafora, che gli

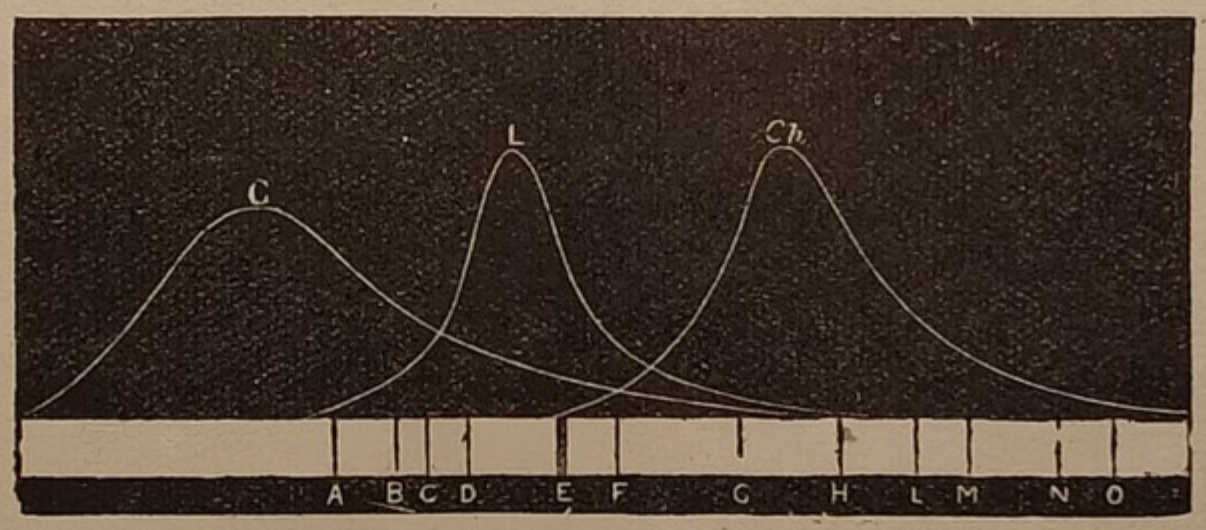


Fig. 174.
Intensità relativa del calore, della luce e dell'azione chimica nei raggi che vengono dal Sole.

oggetti sono di tutti i colori, *eccetto quello che ci presentano*. Perchè quella prateria è verde? Perchè assorbe tutti i colori, tranne il verde, che essa rimanda. Il bianco è formato dalla natura riflettente di un oggetto che non assorbe affatto e riflette tutto; il nero, da una superficie che assorbe tutto e non rimanda nulla.

Projettate lo spettro solare sopra del velluto nero: vi resta assolutamente estinto. Ponete una lista di velluto rosso nella parte bleu dello spettro: diventerà nera, perchè non è atta che a riflettere il rosso (1), ecc.

I raggi calorifici sono invisibili. Se si porta il bulbo di un termometro successivamente nei varî colori dello spettro solare, si nota che il potere

(1) Ho, a questo proposito, osservato un fatto abbastanza strano e che non so spiegarmi. In due apparecchi di projezioni un raggio bianco che attraversa una lastra di vetro giallo, si projetta in giallo; ed un raggio simile che attraversa una lastra di vetro bleu si projetta in bleu; projettando i due colori l'uno sull'altro sopra lo schermo si ottiene del *bianco* puro, perchè quei due colori sono complementari. Ma se si pongono le *medesime* lastre di vetro giallo e bleu in un solo apparecchio, si ottiene del verde.
IL TRAD

calorifico comincia nell'indaco, e cresce gradatamente per toccare la sua massima intensità *lateralmente* allo spettro visibile, al di là del rosso. La parte più luminosa dello spettro, il giallo, non è la più calda. D'altra parte si può chimicamente verificare, specialmente con sostanze impressionabili, che i raggi chimici incominciano dal verde, raggiungono il loro massimo nel violetto e si estendono al di là (1), formando pure uno spettro invisibile. La figura 174 rappresenta il rapporto che passa fra queste tre specie di raggi o di spettri. I raggi luminosi, ossia lo spettro visibile, si estendono dal rosso al violetto, dalla linea *A* fino alla *H*, e la loro intensità è rappresentata dalla curva *L*, che indica l'intensità luminosa, il cui massimo cade, come si vede, fra le righe *D* ed *E*. La curva *C* di sinistra rappresenta l'intensità calorifica, e la *Ch* di destra corrisponde all'azione chimica. Un sesto senso potrebbe aprirci il mondo dei raggi calorifici, un settimo quello dei raggi chimici.

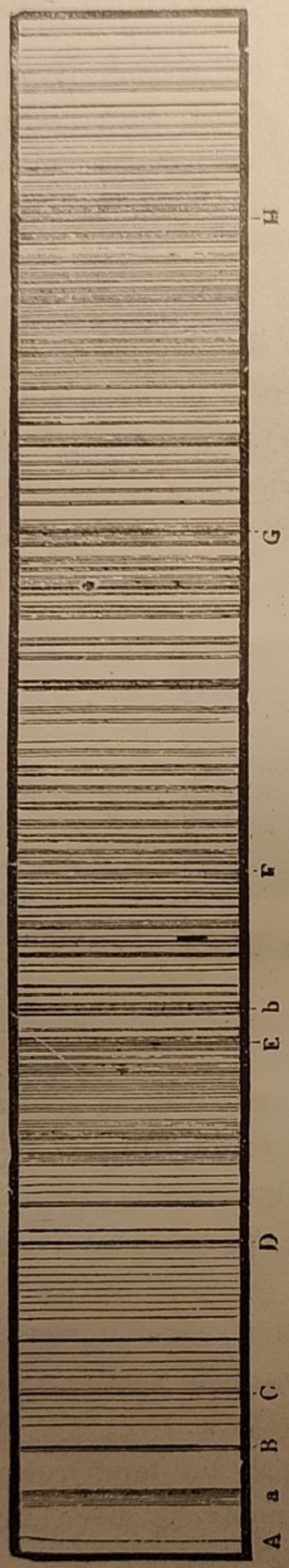


Fig. 175. — Le principali righe dello spettro solare.

Quello che noi *vediamo* è un nulla a confronto di quello che accade continuamente in natura intorno a noi.

Sin dal 1815, Fraunhofer, ottico bavarese, studiava minuziosamente lo spettro solare e cercava di scoprirvi alcuni punti fissi che fossero indipendenti dalla natura dei prismi, e potessero prendersi come termini di confronto a cui riferire le zone ed i colori dello spettro, allorchè si accorse che, dando al prisma una posizione particolare, si vedevano repentinamente apparire, nell'imagine spettrale, delle *righe oscure* taglianti trasversalmente la banderuola dai sette colori. Contraddistinse le otto principali righe colle prime lettere dell'alfabeto; esse sono disposte come segue: la prima al limite del rosso, la seconda in mezzo a questo colore, la terza presso il ranciato, la quarta alla fine di questa zona, la quinta nel verde, la sesta nel bleu, la settima nell'indaco e l'ottava alla fine del violetto. Queste sono le principali linee nere che si discernono nello spettro. In quanto al numero totale di queste linee, esso sembra prodigioso;

(1) I raggi oscuri ultra-violetti si rendono visibili facendoli cadere sopra un cristallo di spato fluore, o sopra una soluzione di solfato di chinina. Si manifestano allora con un leggier chiarore bleu-violetto; questo fenomeno ebbe il nome di *fluorescenza*. IL TRAD.

Fraunhofer ne aveva già contate 600 con un microscopio. Più tardi, Brewster portò quella cifra a 2000; oggidì ne contiamo 5000 e più. (Vedi la fig. 175.)

Codeste righe dello spettro solare sono costanti ed invariabili tutte le volte che lo spettro che si studia è quello della luce emanata dal Sole, sia diretta o riflessa. Si trovano nella luce del giorno, in quella delle nuvole e in quella riflessa dalle montagne, dagli edifizî e da qualunque oggetto terrestre. Si trovano parimenti nella luce della Luna, e in quella dei pianeti, perchè questi corpi celesti non splendono che per la luce che ricevono dal Sole e che riverberano nello spazio.

La scoperta delle righe microscopiche che attraversano, come si è detto,

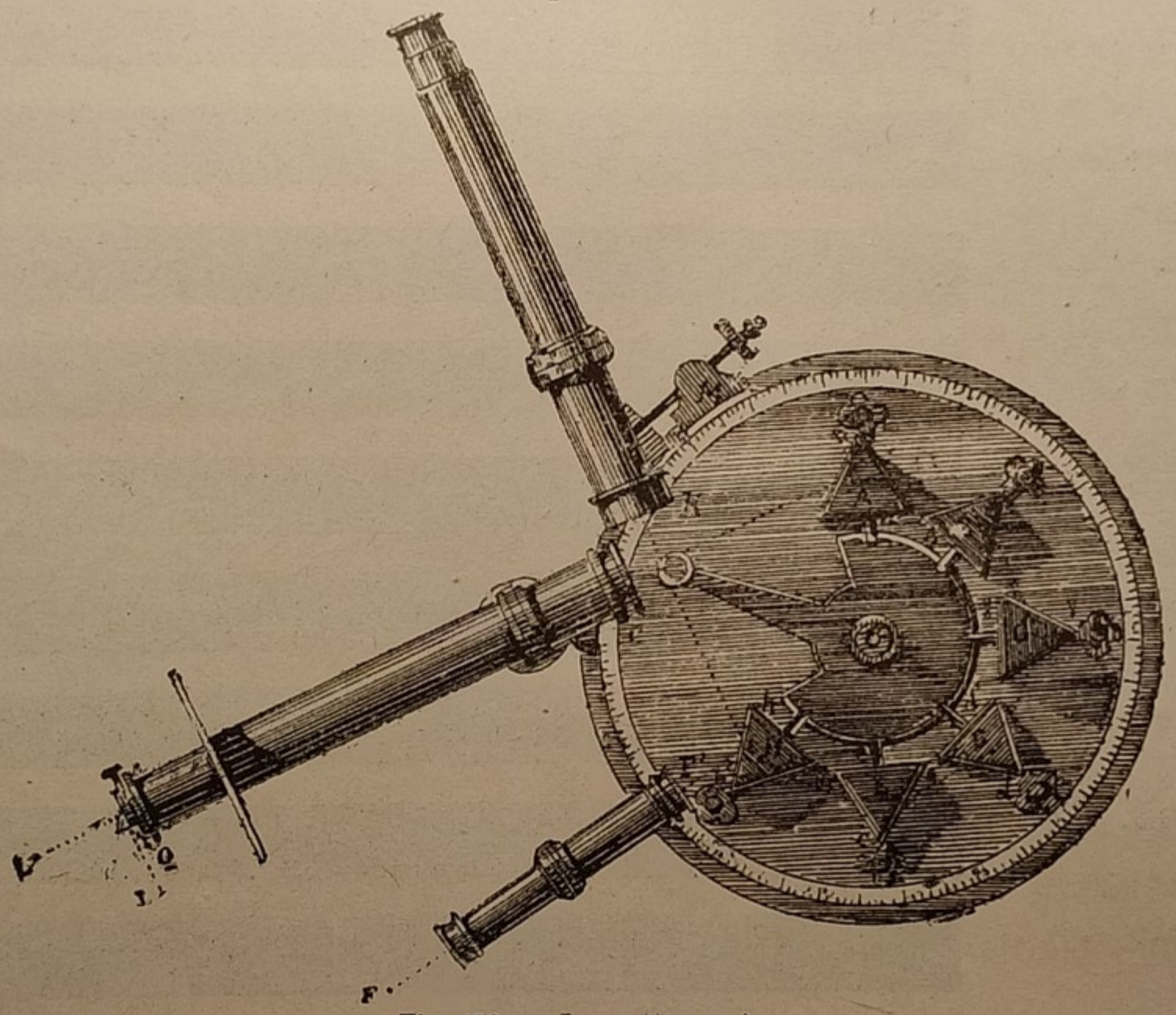


Fig. 176. — Lo spettroscopio.

lo spettro solare, fu resa feconda da un'altra non meno importante, che è questa: ricevendo attraverso un prisma dei raggi usciti da una sorgente luminosa, terrestre, come sarebbe una fiamma a gas, o quella di una lampada, o di un metallo in fusione, ecc., si notò dapprima che queste luci artificiali dànno origine ad uno spettro, al par di quello del Sole, ma che questo spettro differisce dal solare pel numero e la disposizione dei colori: si avvertì in secondo luogo — e qui sta il punto capitale — che lo spettro di queste luci è pure attraversato da righe, che la distribuzione di queste varia secondo la natura della luce osservata, e finalmente che essa *presenta un ordine invariabile caratteristico* per ciascuna di esse.

Per ben fissare le nostre idee, rappresentiamoci l'esperienza fatta da Kir-

chhoff e Bunsen, i due fisici a cui dobbiamo siffatte splendide ricerche. Ecco un becco a gas; poniamo nella fiamma un filo di platino (che non si arroventa) alla cui estremità sia collocato un pezzettino della sostanza che si vuol analizzare. Dinanzi la fiamma è disposto lo *spettroscopio,* sistema di cannocchiali costrutto appositamente per la nostra analisi; per uno di questi cannocchiali passano i raggi della fiamma a gas per cadere sopra un prisma ed entrare rifratto in un microscopio analizzatore. La fiamma del nostro becco a gas vien regolata, indebolita in modo da non dare per sè stessa nessuno spettro. Ebbene! all'istante in cui introduciamo in essa il filo di platino pre-

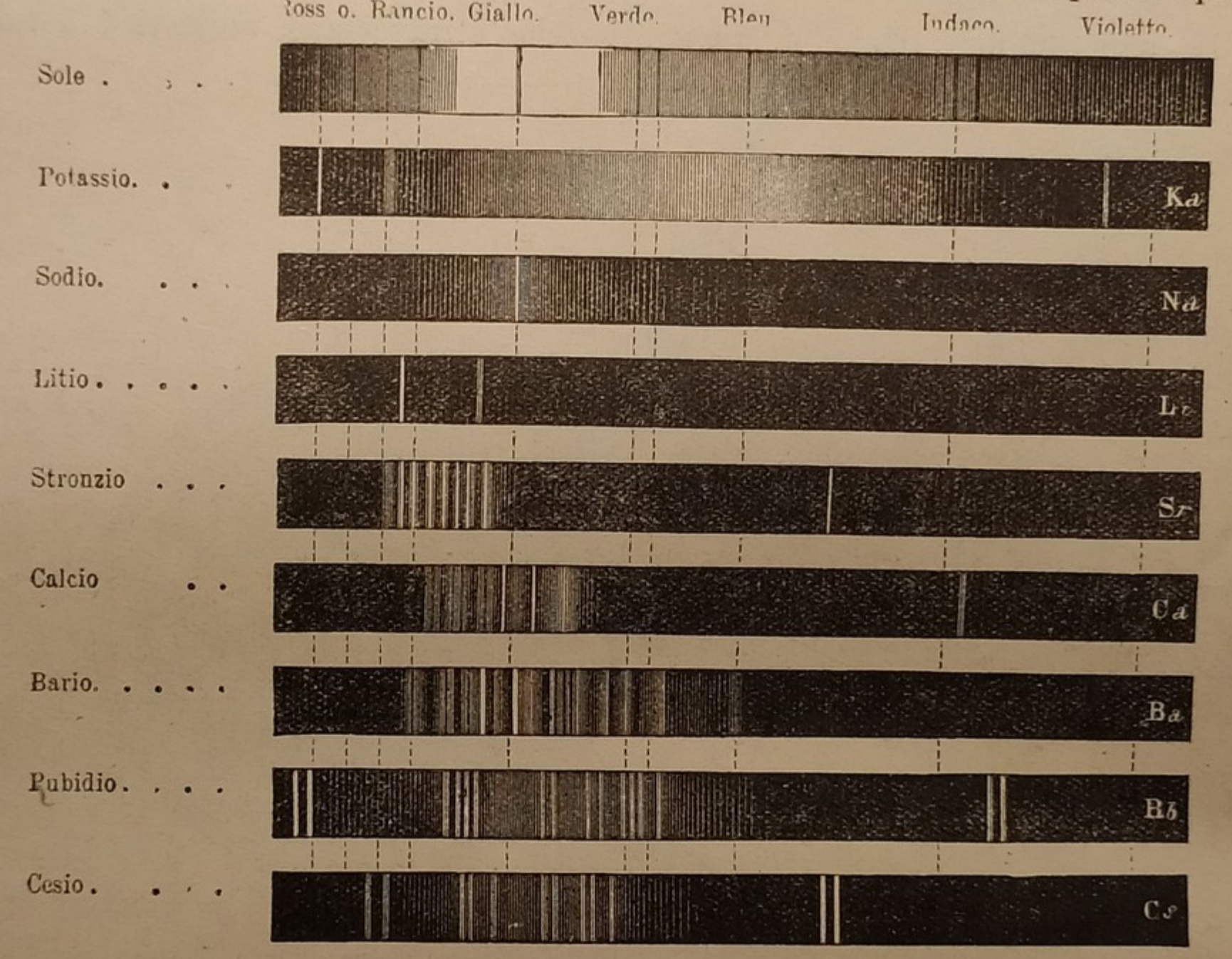


Fig. 177. — Figura comparativa di varî spettri

parato, appare nel cannocchiale uno spettro e l'occhio posto all'oculare del microscopio, può studiarlo a suo agio. Questo spettro *è quello della sostanza* che *abbrucia.* Il raggio luminoso proveniente dal punto *L* (fig. 176) si riflette sul piccolo prisma *o* posto all'estremità del cannocchiale *Co* e sembra così provenire da L^1. Seguendo l'asse del cannocchiale, va a rifrangersi successivamente attraverso sei prismi: *A, B... E, H,* e infine entra nel cannocchiale *K* pel quale si osserva. Si scorge così uno spettro molto rifratto e assai largo. Per paragonarlo o misurarlo si fa entrare pel piccolo cannocchiale *F* una imagine od una scala, che si riflette sul prisma *H* ed è visto pel cannocchiale *K* insieme al predetto spettro: quella scala serve a determinare la posizione delle righe.

Per un esempio, dopo aver immerso il filo di platino in un vasetto di potassa, all'istante in cui lo introduciamo nella fiamma a gas, uno spettro appare allo spettroscopio: è quello del potassio. È composto di sette colori, come lo spettro solare, di più è caratterizzato da due righe rosse brillantissime situate verso ciascuna estremità.

Similmente, se noi poniamo dei piccoli cristalli di soda all'estremità del filo di platino, vedremo apparire uno spettro singolare, che non contiene nessun altro colore tranne il giallo, rappresentato da una riga smagliante che corrisponde alla posizione del giallo nello spettro solare e alla riga oscura che vi bolca questo colore. Abbiamo lo spettro del sodio.

E così via dicendo. Questo metodo di analisi è tanto meraviglioso e potente, che rivela l'esistenza di sostanze in quantità infinitesimali, quando qualunque altro metodo riescirebbe assolutamente inefficace. La presenza di *un milionesimo di milligrammo* di sodio si rivela nella fiamma di una candela!

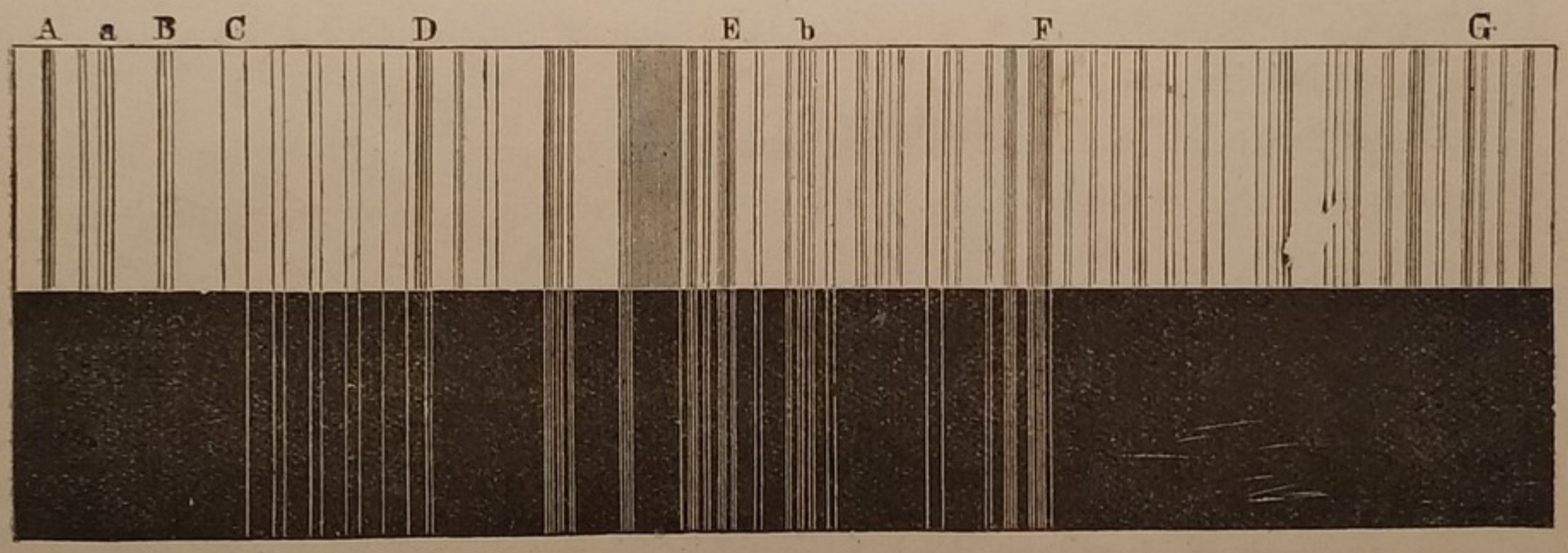


Fig. 178. — Coincidenza delle righe del ferro con quelle dello spettro solare.

Pertanto, qualunque sostanza analizzata dà allo spettroscopio una disposizione di righe che le è propria; *essa scrive da sè medesima il suo vero nome naturale in caratteri geroglifici;* essa si tradisce da sè stessa e sotto una forma incontestabile.

Le righe scure che dicemmo più sopra trovarsi nello spettro solare, *corrispondono precisamente a certe linee brillanti caratteristiche dello spettro di varie sostanze terrestri.*

D'altra parte si è potuto accertare che i vapori metallici, dotati della proprietà di emettere in abbondanza dei raggi colorati, assorbono questi stessi raggi quando questi, provenendo da una sorgente luminosa posta più indietro, attraversano quei vapori. Così, per esempio, se dietro (cioè in opposizione collo spettroscopio) una fiamma in cui brucia del sal marino, si accende la splendida fiamma Drummond e si fanno sovrapporre i due spettri, tosto la riga gialla del sodio scompare dallo spettro del sodio per lasciar luogo invece ad una riga scura che occupa precisamente il medesimo posto.

Risulta da questa doppia osservazione che le righe scure dello spettro solare attestano: 1.° l'esistenza di un'atmosfera cocente e gasosa intorno al Sole; 2.° la presenza in quest'atmosfera delle sostanze indicate dalle righe in discorso.

Sono state identificate, una per ciascuna, nel Sole, le 450 righe dello spettro del Ferro, le 110 del Titanio, le 75 del Calcio, le 57 del Manganese, le 33 del Nikelio, ecc.; di maniera che si sa oggidì in modo certissimo che esiste alla superficie di questo astro abbagliante, e allo stato gasoso, del Ferro, del Titanio, del Calcio, del Manganese, del Nikelio, del Cobalto, del Cromo, del Sodio, del Bario, del Magnesio, del Rame, del Potassio; ma non vi si poterono sinora trovar traccie nè d'Oro, nè d'Argento, nè d'Antimonio, nè di Arsenico, nè di Mercurio. L'Idrogeno vi fu scoperto nel 1868 e l'Ossigeno nel 1877.

Più innanzi ci occuperemo delle applicazioni dell'analisi spettrale allo studio chimico dei *Pianeti,* delle *Comete* e delle *Stelle.* Ciò che a noi importava, era di renderci ora conto di questo metodo fecondo e dello studio moderno della luce.

Si può adesso intendere come gli svariati orizzonti scoperti dalle vette elevate, a cui ci ha condotti lo studio dell'Astronomia, non siano meno interessanti dell'Astronomia stessa. L'attrattiva quasi universale che spinge lo spirito umano verso i risultati delle scienze più astratte e meno comuni, è forse il lato più singolare di quella curiosità inquieta che la natura ha posto in noi per osservare e sapere. Fu chiesto a Platone qual fosse il tipo caratteristico dell'uomo, e rispose: *La conoscenza del vero pel vero stesso.* Non è essa una cosa rimarchevole, il vedere la specie umana, vivente dei prodotti della terra sua nutrice, secondo l'espressione d'Omero, occuparsi di preferenza delle scienze puramente intellettuali e conceder loro la maggior parte della sua attenzione, ad esclusione di quelle che hanno per oggetto la salute, l'alimentazione, il benessere materiale, e finalmente tutte le arti, senza cui non potrebbe sussistere la potente organizzazione delle società moderne? Si prova un interesse più vivo e più profondo occupandosi delle conquiste astronomiche, della distanza delle Stelle, della natura del Sole, delle umanità planetarie, dei destini che ci attendono nell'infinito e nell'eternità, che non di una nuova strada aperta al commercio, di una nuova specie di commestibile o di una scoperta chimica che potrà più tardi spostare molti interessi. Pertanto, dei tre elementi che formano l'essenza dell'uomo, i materiali bisogni, le affezioni e l'intelligenza, è ancora quest'ultima facoltà quella che ottiene la preferenza. È assai profittevole, specialmente per la gioventù, l'abbracciare nel loro insieme le verità, il cui possesso forma il vanto dello spirito umano. Egli è così che noi impariamo ad elevarci al di sopra dei piccoli interessi della vita, verso le regioni superiori, a cui aspira il divino patriotismo dell'anima.

FINE DEL LIBRO TERZO.

LIBRO QUARTO

I MONDI PLANETARÎ

CAPITOLO I.

I moti apparenti e i moti reali. — Sistemi successivamente imaginati.

Il metodo più sicuro per giungere ad intendere facilmente ed esattamente la vera disposizione del sistema mondiale, è quello di rifare colla nostra mente

la via che lo spirito umano ha percorso nel suo lento e progressivo assorgere alla conoscenza del vero. Noi non vediam punto l'universo a quel modo che siam costretti di rappresentarlo nei nostri disegni. Considerate, per esempio, la figura 112, a pagina 265, nella quale il sistema planetario è disegnato con grande precisione: in essa, noi vediamo il nostro sistema di fronte, e possiamo facilmente valutare le distanze relative che separano le orbite planetarie le une dalle altre; ma in natura noi non lo vediamo a questo modo, poichè ci troviamo sulla Terra, che è il terzo pianeta, e che ruota press'a poco nello stesso piano di tutti gli altri intorno al Sole; noi lo vediamo *di profilo*, come se guardassimo quella figura ponendo l'occhio sul lembo della pagina. D'altra parte, non v'hanno orbite reali tracciate nello spazio; sono linee ideali che i pianeti percorrono nel loro giro intorno al Sole. In realtà dunque, non vediamo, cogli occhî nostri corporei che i *movimenti* dei pianeti che si spostano nel cielo.

Supponiamo di trovarci in una bella sera d'estate (1) nel silenzio della notte in mezzo ad una campagna con un orizzonte affatto libero. Migliaja di stelle brillano nel firmamento, e noi crediamo vederne dei milioni, benchè in realtà, sopra uno stesso orizzonte, non ve ne siano che tremila visibili ad occhio nudo. Quelle stelle, di splendori varî, conservano sempre le stesse posizioni relative, e formano delle configurazioni a cui fu dato il nome di costellazioni; le sette stelle dell'Orsa maggiore (Carro di Boote) mantengono, da migliaja d'anni dacchè si osservano, la forma abbozzata di un carro tirato da tre cavalli (che formano il timone): le sei stelle di Cassiopea disegnano sempre una seggiola girante intorno al polo; Arturo, Vega, Altair, segnano sempre il posto di Boote (Bifolco), della Lira e dell'Aquila. I primi osservatori hanno notato questa immobilità dei punti luminosi della vòlta celeste, e riunendo con linee fittizie le stelle principali, tracciando gli schizzi in cui, non tardarono a trovare lontane rassomiglianze o dei simboli, giunsero a popolare di oggetti e di esseri fantastici l'inalterabile solitudine dei cieli.

L'abitudine di osservare il cielo stellato conduce insensibilmente l'osservatore a identificarsi con quelle costellazioni e a conoscere le principali stelle col loro nome. È quanto faremo insieme un po' più innanzi, quando saremo giunti al mondo stellare. Per adesso, noi non siamo ancora usciti dal mondo solare. Ora, accade alcuna volta che osservando la vòlta celeste, colla quale siasi ben famigliarizzati, si scorga una stella brillante in un punto del cielo ove si sa che non ne esistono. Questa nuova stella può essere più splendida di alcun'altra e sorpassar Sirio stesso, l'astro più smagliante del cielo; tut-

---

(1) Per simili osservazioni, o soltanto per contemplare il cielo stellato in tutta la sua magnificenza, ni tutto il suo splendore, ho trovato sempre preferibili le notti invernali, freddissime, quando l'atmosfera è assai meno carica di vapori che nol sia d'estate.
IL TRAD.

tavia si può avvertire che la sua luce, benchè più intensa, è più calma e non scintillante. Inoltre, se si ha l'avvertenza di esaminar bene la sua posizione rispetto ad altre stelle vicine, e di osservarla durante parecchie settimane di seguito, si potrà il più delle volte verificare ch'essa è fissa (1) come le altre, ma che cambia più o meno lentamente di posto.

Fino dai primi tempi dell'astronomia, gli antichissimi osservatori del cielo,

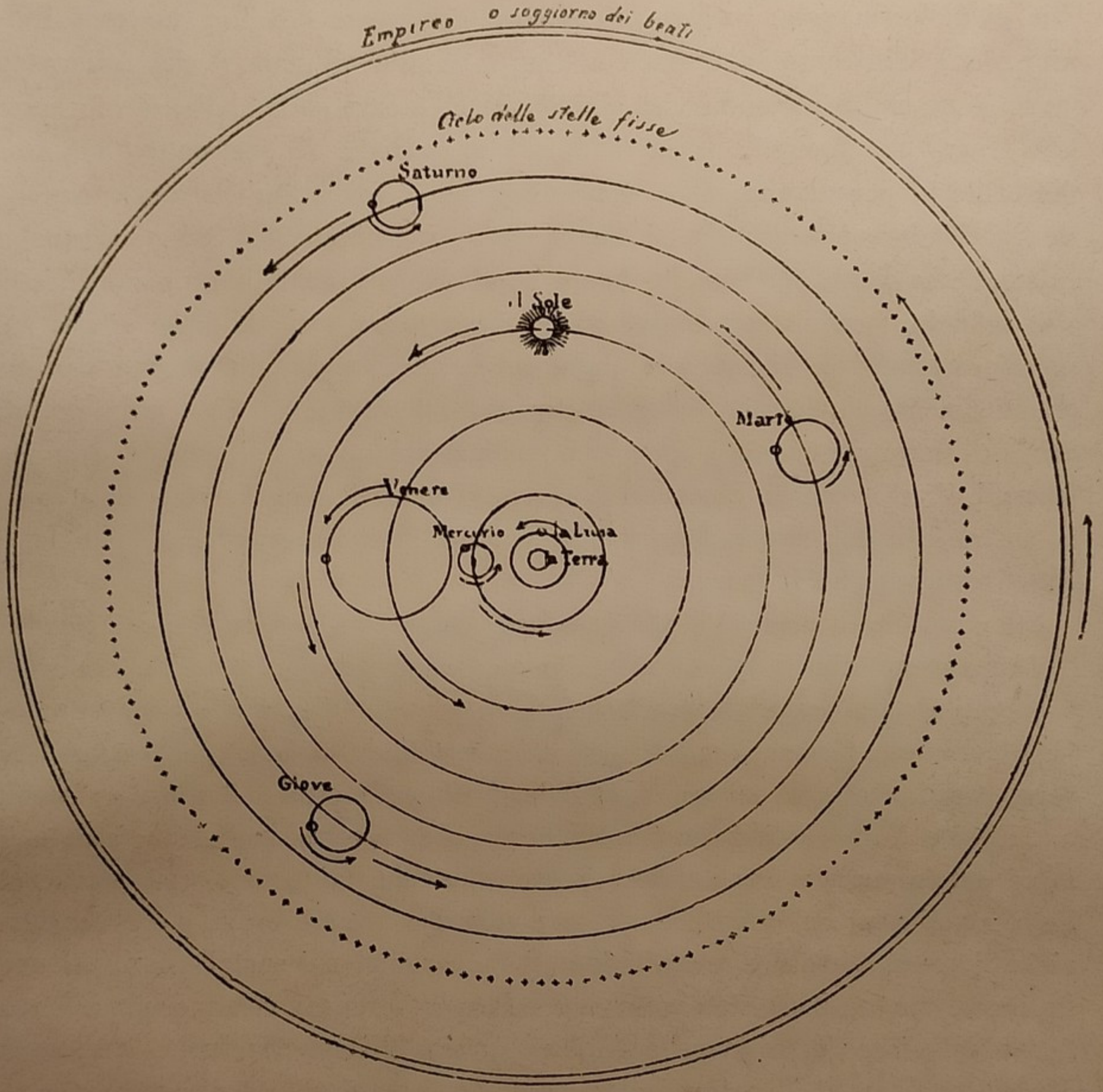


Fig. 180. — Sistema di Tolomeo.

i pastori della Caldea, le tribù nomadi dell'alto Egitto, avevano notato questo fatto. Codeste stelle, ora visibili, ora invisibili, mobili sulla sfera celeste, fu-

(1) Leggo ancora in molti libri che vanno per le scuole la distinzione degli astri luminosi in pianeti e stelle fisse Ormai questo qualificativo di *fisse*, che è una bugia, dovrebbe essere omesso, per non indurre il giovane lettore in uno strano errore; giacchè è un fatto incontestabile e noto da ormai un secolo in Astronomia, che i Soli (stelle) del firmamento, si muovono nello spazio, tutti senza eccezione, come il nostro Sole.
IL TRAD.

rono denominate pianeti, vale a dire *erranti*. Qui, come in tutte le etimologie, la parola incarnava in un verbo la prima impressione provata dall'osservatore.

Ah! quanto eran lontani quei nostri antenati dall'imaginarsi che quei punti luminosi erranti fra le stelle, non splendono di luce propria; che sono oscuri al par della Terra, e su per giù altrettanto grossi; che parecchî anzi sono di molto maggior mole e più pesanti del nostro mondo; che sono illuminati dal Sole come la Terra e la Luna, nè più, nè meno; che la loro distanza è un nulla paragonata a quella che ci separa dalle stelle, che formano colla Terra una famiglia di cui il Sole è il padre!... Sì, quel punto luminoso che brilla al par di una stella, è, per esempio, Giove. Per sè stesso non ha alcun splendore non più che la Terra, ma è illuminato dal Sole, e a quel'a guisa che la Terra splende da lungi a motivo di quell'illuminazione, così esso splende, punto luminoso nel quale si concentra tutta la luce sparsa sul suo disco immenso. Ponete una pietra sopra un drappo nero, in una camera ermeticamente chiusa alla luce del giorno, projettate su di essa un raggio di Sole che entri per un foro opportunamente praticato in un'imposta, e quella pietra brillerà come la Luna, come Giove. I pianeti sono Terre oscure come la nostra, che non risplendono se non per la luce che ricevono dal Sole, e che riverberano nello spazio.

Una cosa che a prima giunta deve aver colpito gli osservatori dei pianeti, è il movimento che li sposta nel cielo relativamente alle stelle, le quali rimangono al loro posto. Osservate questo o quel pianeta, voi lo vedrete muoversi verso est, fermarsi quindi per una settimana o due, poi retrocedere verso ovest, arrestarsi ancora, e riprender finalmente ancora il suo corso verso est. Fissate la *Stella del Pastore* (Venere), che appare una bella sera nei raggi del crepuscolo occidentale; essa si allontana dal ponente, si eleva nel cielo, ritarda sul Sole due ore, due ore e mezzo, tre ore e più, poi gli si riavvicina insensibilmente e torna infine ad immergersi nei suoi bagliori. Alcune settimane più tardi, la stessa *Stella del Pastore* sorge al mattino precedendo l'astro del giorno e brilla nella diafana aurora. Vedete Mercurio, che tanto di rado si libera dai bagliori solari; a stento avrete potuto riconoscerlo durante due o tre sere, e tosto sarà ritornato verso il Sole. Se invece osservate Saturno, esso vi apparirà durante mesi interi trascinantesi lentamente nel cielo.

Questi movimenti, combinati collo splendore dei pianeti, hanno inspirato i nomi che furono loro assegnati, le idee che loro sonosi associate, le influenze di cui si supposero dotati, le divinità simboliche colle quali vennero identificati. Venere, bianca e raggiante, beltà suprema, regina delle stelle; Giove maestoso, dominante il cielo degli anni; Marte, dai raggi purpurei, dio delle

pugne; Saturno, il più pigro degli abitanti del Cielo, simbolo del Tempo e del Destino; Mercurio, agile, fiammeggiante, oggi seguace d'Apollo, domani nunzio del suo levare. Le designazioni, gli attributi, le influenze, furono altrettanti effetti prodotti dalle medesime cause, fino a che, nel processo dei secoli, i simboli, col lungo colpire le menti, furono presi alla lettera; e questi astri vennero adorati come divinità reali. Le religioni cominciano nell'immaginazione, ma finiscono nella materializzazione delle idee più astratte e pure; nascono dalle aspirazioni, dai desiderî, dalle speranze; esse dapprima rispondono alle idee con delle idee; in seguito si fabbricano degli idoli e l'uomo si prosterna innanzi ad essi.

I pianeti furono dapprima classificati dietro queste differenze di moti. Seguendoli attentamente, si giunse ad accertare ch'essi sembrano girare intorno a noi, dall'ovest all'est sotto le stelle, con certe irregolarità, e, ammettendo logicamente che quelli che si muovono più lentamente e hanno i periodi più lunghi sieno i più lontani, furono classificati per ordine di velocità decrescente. Ecco in che modo si trovano disposti già da tremila anni:

Saturno	fa un giro in	30	anni
Giove	»	12	»
Marte	»	2	»
Il Sole	»	1	»
Venere e Mercurio	»	1	»
La Luna	»	1	mese

Non era che un'approssimazione. I moti di Mercurio e di Venere soprattutto erano difficilissimi ad interpretarsi (1). Siccome volevasi assolutamente far girare tutti gli astri intorno alla Terra immobile nel centro della creazione, e poichè le cose non stanno così veramente, era impossibile raggiungere una grande precisione. Ad ogni poco bisognava ritoccare le tavole. Parecchî astronomi erano giunti a pensare che Mercurio e Venere ruotassero effettivamente intorno al Sole, e che questo astro li trascinasse con sè nel suo annuo moto in giro a noi. Ma la maggioranza finì coll'ammettere, or sono duemila anni, una regolarità armonica stabilita da Ipparco dietro il complesso delle osservazioni antiche. È il sistema che ci fu tramandato nella grande opera (2) di Tolomeo, scritta verso il 130 dopo C., e che regnò fino

---

(1) Il testo dice *démêler*, che tradurremo per *dipanare*, voce che però non fa al caso nostro. Il Trad.

(2) *Mathematikê Suntaxis*, o Composizione Matematica. È il più antico trattato completo di Astronomia che sia giunto fino a noi. Dopo l'invenzione della stampa ne furono fatte parecchie traduzioni ed edizioni qualunque astronomo erudito lo possiede al dì d'oggi nella sua libreria. Nessuno cita quest'opera sotto il suo vero titolo, giacchè vien sempre chiamato *Almagesto*, qualificazione pomposa che le diedero gli Arabi. In Oriente l'ammirazione per questo trattato d'astronomia, andava tanto lungi che i califfi vincitori degli imperatori di Costantinopoli, non acconsentirono di far pace con questi ultimi se non a condizione di esser messi in possesso di un esemplare manoscritto dell'*Almagesto*. Se ne ha una buona traduzione francese di Halma, in due volumi, il primo dei quali, stampato nel 1813, ha per frontispizio una medaglia di Antonino *imperatore*, e il secondo, stampato nel 1816, è dedicato a Luigi XVIII.

al secolo XVIII. Cicerone ci lasciò nel *Sogno di Scipione* l'eloquente descrizione che qui segue di quell'antico sistema astronomico:

« L'Universo è composto di nove cerchî, o piuttosto di nove globi mobili La sfera esterna è quella del cielo, che abbraccia tutte le altre, e sulla quale sono fisse le stelle. Di sotto ruotano sette sfere, trascinate da un moto contrario a quello del Cielo. Sul primo cerchio gira la stella che gli uomini chiamano Saturno; sul secondo muovesi Giove, l'astro benefico e propizio agli occhî umani; viene in seguito Marte rosseggiante e abborrito; al disotto ancora, occupando la regione di mezzo, brilla il Sole, capo, principe, modera-

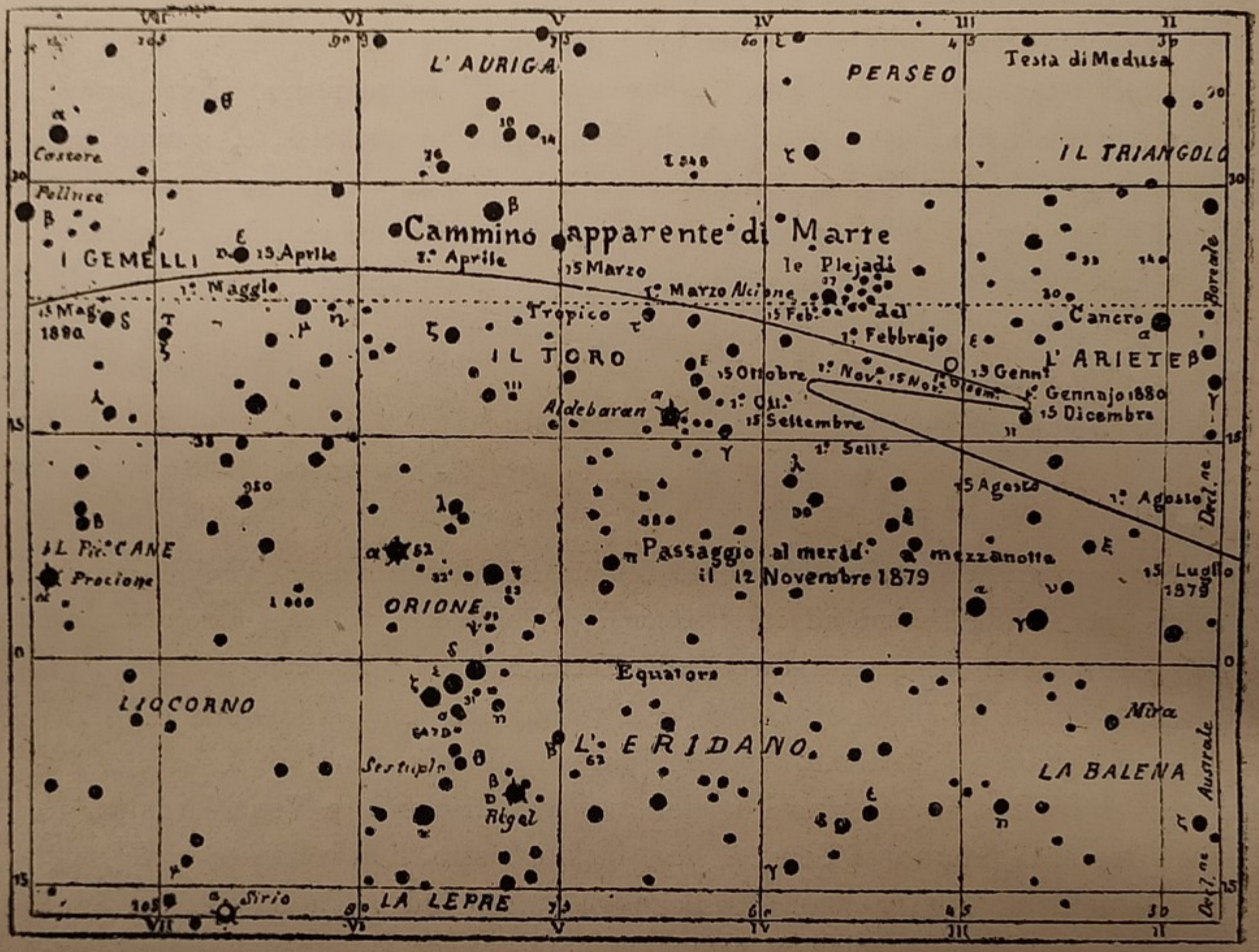


Fig. 181. — Moto del pianeta Marte sulla vòlta celeste dal 15 luglio 1879 al 15 maggio 1880.

tore degli altri astri, anima del mondo, il cui globo immenso rischiara e riempie di sua luce tutto lo spazio. Dopo di esso vengono come due compagni, Venere e Mercurio. Finalmente l'orbita inferiore è occupata dalla Luna che attinge la sua luce dall'astro diurno. Al disotto di quest'ultimo circolo celeste, non v'ha che cosa mortale e corruttibile, tranne le anime date per divino benefizio alla razza umana. Al disopra della Luna tutto è immortale — La nostra Terra, posta al centro del mondo, e isolata da ogni parte del Cielo, è immobile; e tutti i corpi materiali sono tratti verso di essa dal loro proprio peso...

... « Formata di ineguali intervalli, ma combinati secondo una giusta proporzione, l'armonia risulta dal movimento delle sfere, le quali, formando i toni gravi e i toni acuti, in un accordo comune, fa di tutte queste note così varie un melodioso concerto. Movimenti così grandi non possono effettuarsi in silenzio, e la natura ha posto un tono grave alla sfera inferiore e lenta della Luna, un tono acuto all'orbita superiore e rapida del cielo stellato: con quei due limiti dell'ottava, le otto sfere mobili producono sette toni sopra modulazioni diverse, e questo numero è il nodo di tutte le cose in generale. Le orecchie degli uomini piene di quest'armonia non possono più distinguerla

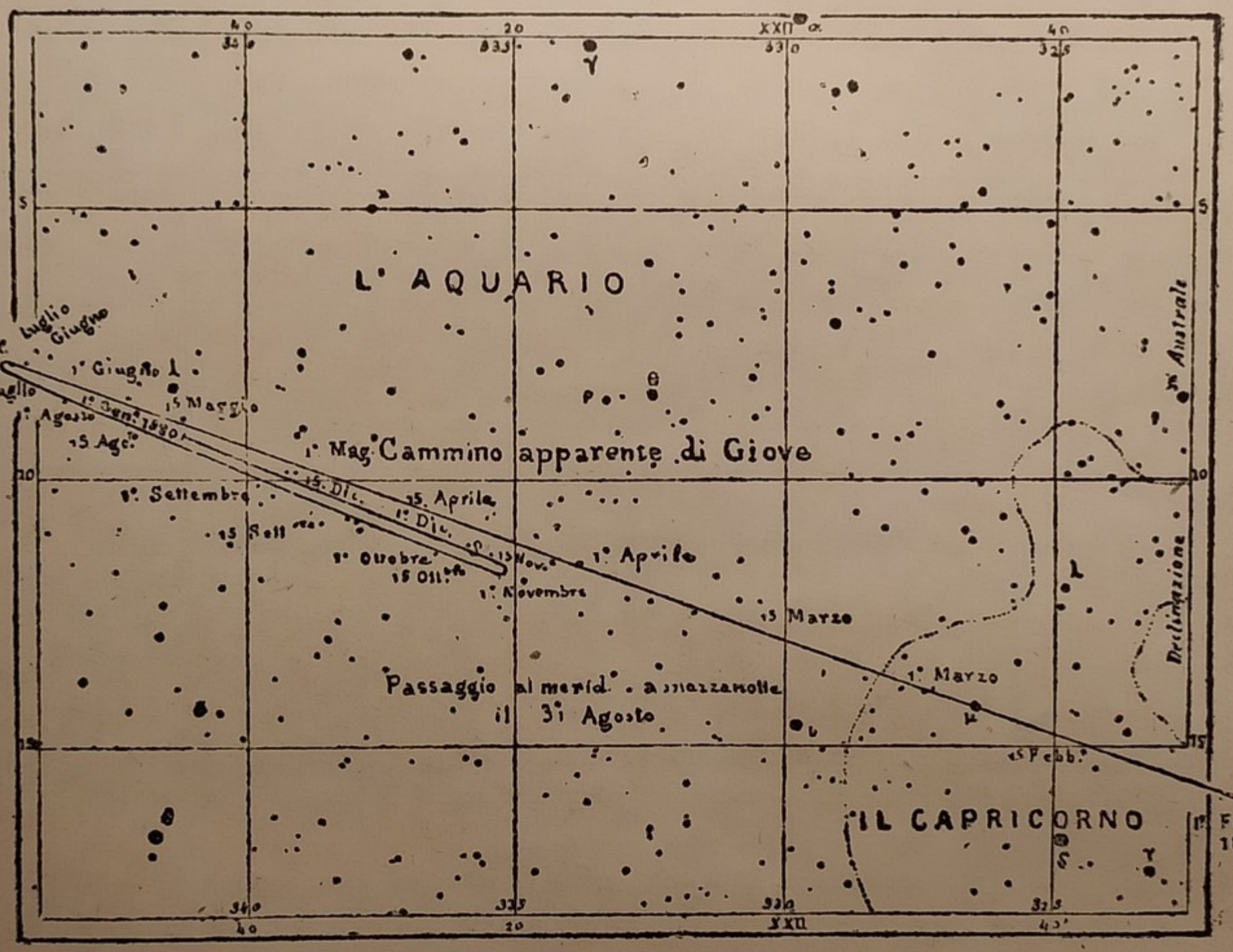


Fig. 182. — Posizione e cammino del pianeta Giove nel 1879.

e voialtri mortali, non avete senso più imperfetto di questo. — E a questa guisa che le popolazioni prossime alla cateratte del Nilo hanno perduta la facoltà di udirle. — Il grandioso concerto del mondo intero nella sua rapida evoluzione è così portentoso, che le vostre orecchie son chiuse a questa armonia, allo stesso modo che i vostri sguardi si abbassano dinanzi ai fuochi del Sole, la cui luce sfolgorante vi abbaglia, vi acceca... ».

Così parla l'eloquente Romano. Al di là dei sette cerchi era collocata la sfera delle stelle fisse, formando così l'ottavo cielo. Il nono era il Primo Mobile, sul quale nel medioevo si fabbricò l'*Empireo*, o soggiorno dei Beati.

Tutto questo edifizio si supponeva di cristallo di rocca; quest'opinione correva nel pubblico profano ed era divisa anche dalla maggior parte dei filosofi. Soltanto alcune menti superiori sembra che non ammettessero alla lettera la solidità dei cieli (Platone, per esempio); ma la maggioranza dichiarava di non poter concepire il meccanismo e il movimento degli astri, se i cieli non erano fatti di una sostanza solida, dura, trasparente e incorruttibile. Si può accennare quale dettaglio interessante, per esempio, che il celebre architetto Vitruvio assicura che l'asse che attraversa il globo terrestre è solido, oltrepassa i poli sud e nord, poggia sopra dei cardini e si prolunga fino al cielo. Parla anche di autori i quali pensavano che se i pianeti si muovono meno presto quando sono lontani dal Sole, gli è perchè non ci vedono chiaro. Gli antichi fisici vedevano negli aeroliti dei pezzi staccati dalla vòlta celeste, i quali, sot

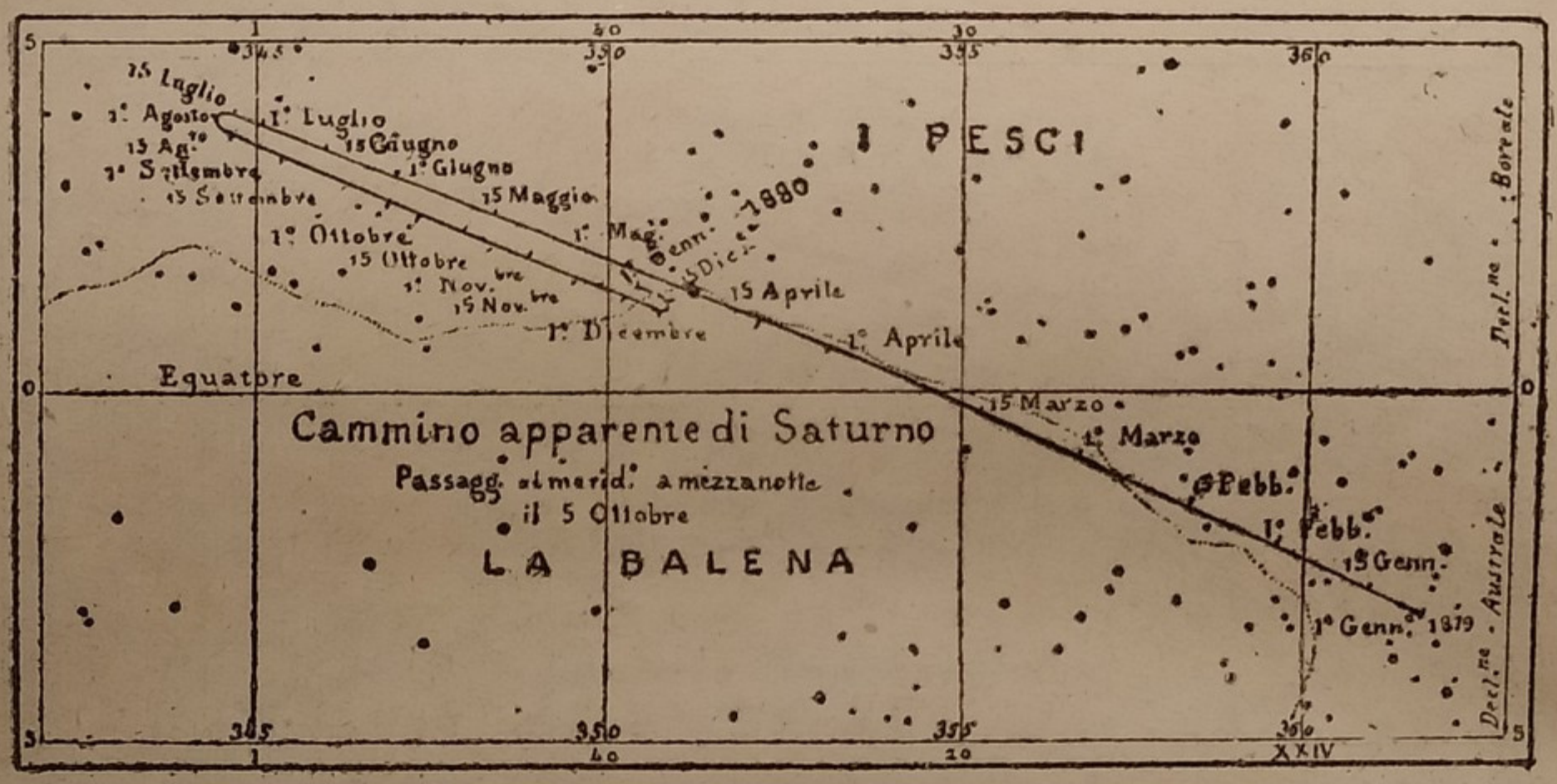


Fig. 183. — Posizioni e trajettoria di Saturno nel 1879.

tratti alla forza centrifuga, cadevano sulla Terra pel loro proprio peso. Gli è quanto, sono appena cinquant'anni, un cardinale a Roma affermava ad Alessandro di Humboldt.

Quanto all'*armonia delle sfere,* Keplero, nel XVII secolo, vi credeva ancora. Secondo lui, Saturno e Giove facevano da basso, Marte da tenore, Venere da contralto e Mercurio da soprano.

Questo sistema dei pianeti circolanti intorno a noi sembrava semplicissimo. Ma noi vedremo a momenti che l'accordo non era che apparente; che esaminando accuratamente i dettagli, essi si allontanavano sempre più da questa semplicità primitiva, e che in ultima analisi, quest'edifizio non poteva reggere agli attacchi della discussione. E in vero, perchè l'universo così costrutto avesse potuto andare, sarebbero abbisognate delle condizioni meccaniche che non sussistono; sarebbe stato mestieri, per esempio, che la Terra

fosse più pesante del Sole, — ciò che non è; — ch'essa fosse più importante, cioè, per mole e massa prevalente, essa sola, a tutto il sistema solare, — ciò che non è, e come! — che le stelle non fossero a quella distanza a cui si trovano realmente da noi; — in una parola, perchè l'universo gravitasse intorno a noi, sarebbe stato necessario fosse costruito e disposto ben diversamente da quello che è. Nel vero stato delle cose, la Terra deve per forza girare intorno al Sole, ed obbedire ad una forza maggiore. S'intende pertanto da sè come mano mano che le osservazioni astronomiche vennero moltiplicandosi e acquistando esattezza, la semplicità che scorgemmo nello schizzo elementare precedente, dovette essere corretta e aggravata di aggiunte

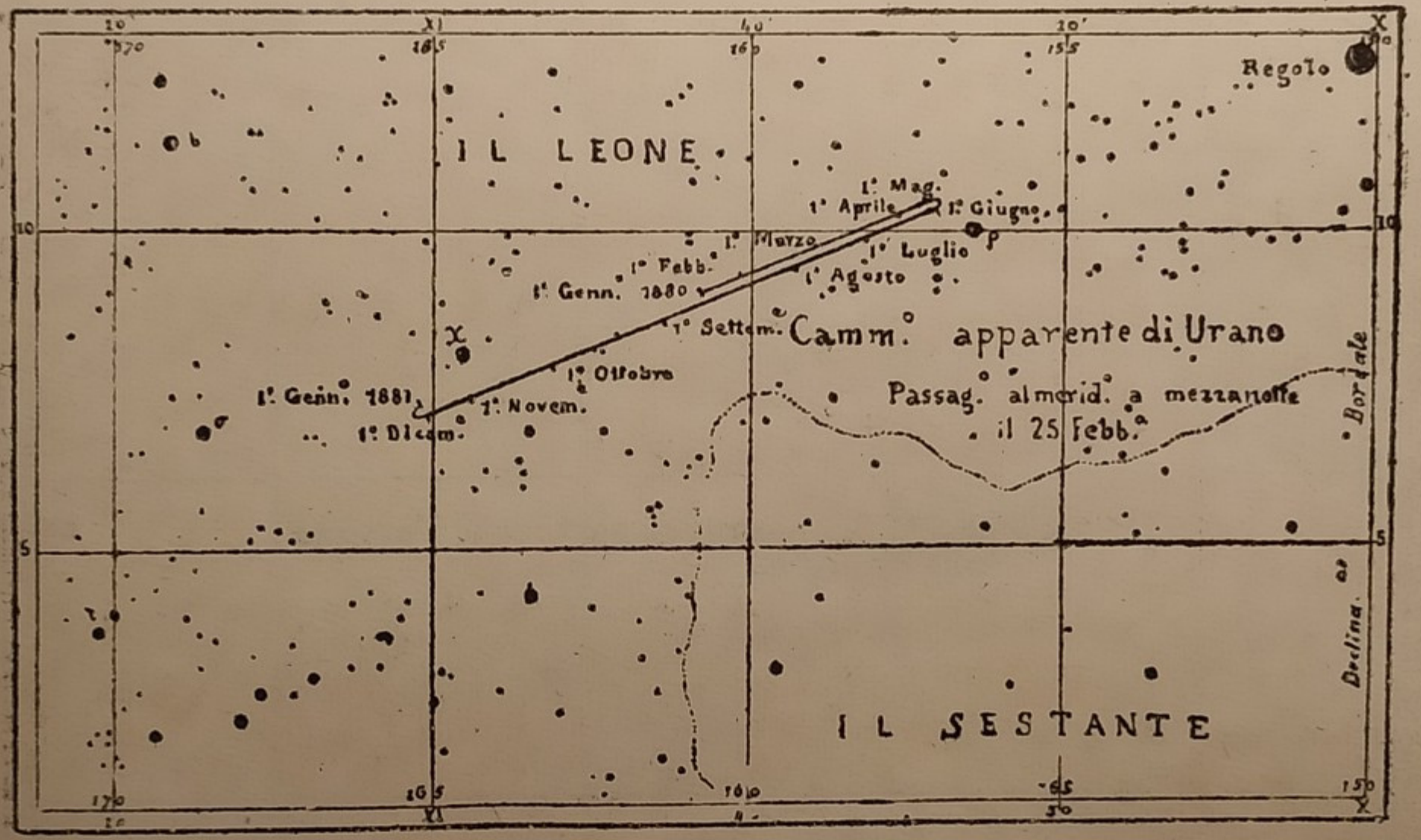


Fig. 184. — Posizioni e trajettoria di Urano nel 1879.

indefinite. Ecco ora le principali complicazioni che furono la conseguenza del perfezionamento degli studî astronomici.

Aristotile e Tolomeo avevano dichiarato, d'accordo del resto con tutti i filosofi, che il cerchio era la figura geometrica la più perfetta, e che i corpi celesti, divini ed incorruttibili, non potevano muoversi che circolarmente intorno al globo terrestre centrale.

Ora la verità è questa: 1.° che essi non circolano niente affatto intorno al globo terrestre; 2.° che girano insieme alla Terra stessa intorno al Sole, relativamente immobile; 3.° che essi si muovono, non lungo cerchî, ma lungo linee ellittiche.

I moti apparenti dei pianeti che noi osserviamo dalla nostra stazione terrestre, sono la risultante della combinazione della traslazione della Terra intorno al Sole, con quella dei detti pianeti intorno allo stesso astro.

Prendiamo come esempio Giove. Circola intorno al Sole ad una distanza cinque volte maggiore di quella della Terra. La sua orbita comprende dunque la nostra con un diametro cinque volte più largo. Impiega dodici anni a compire la sua rivoluzione.

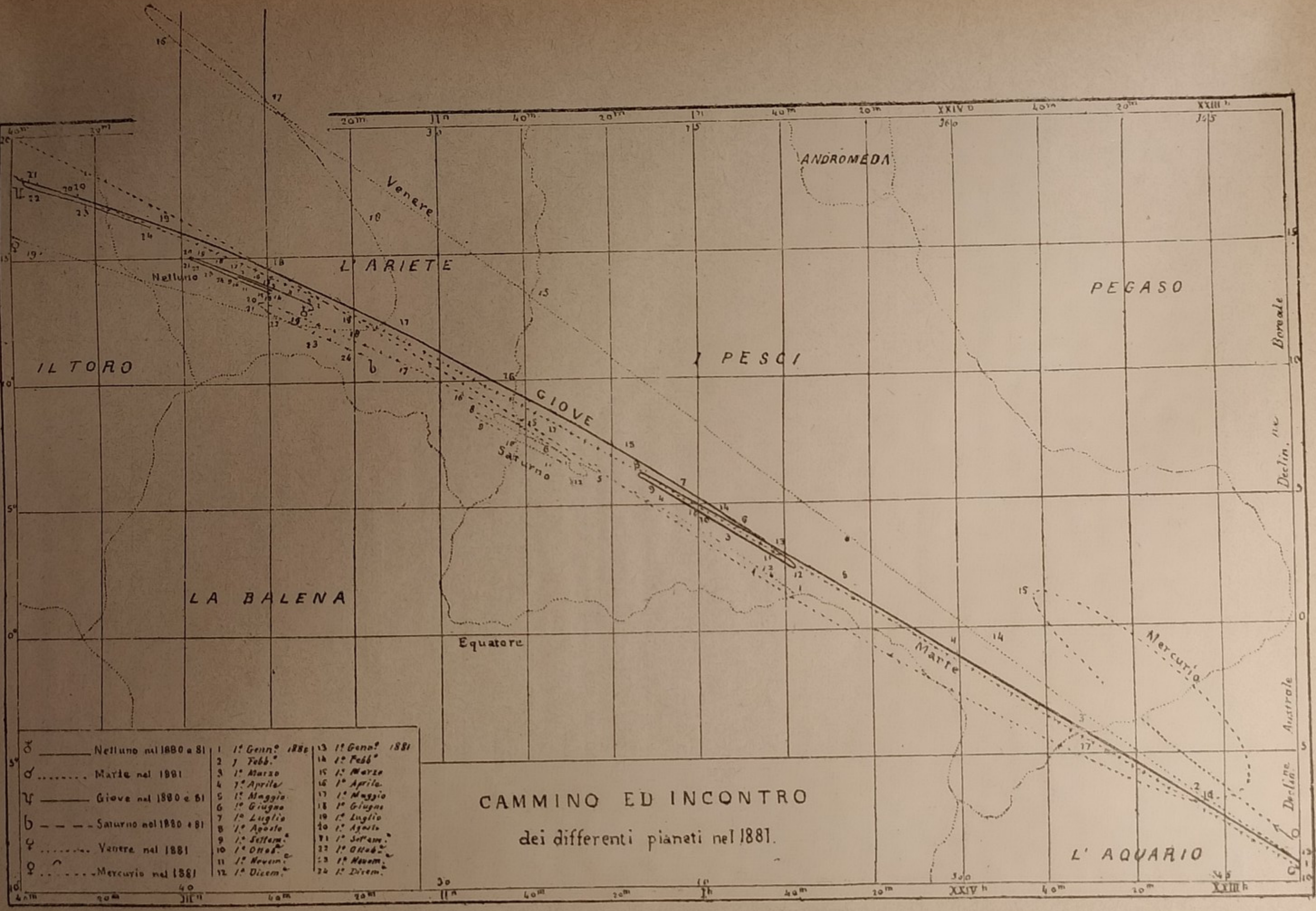
Nell' intervallo di quei dodici anni impiegati da Giove a fare il suo giro intero, la Terra conta dodici anni, ossia dodici rivoluzioni intorno al medesimo astro. Per conseguenza, il moto di Giove veduto dalla nostra stazione non è un semplice cerchio descritto lentamente nello spazio di dodici anni, ma una combinazione di questo moto con quello della Terra. Se il lettore vuol

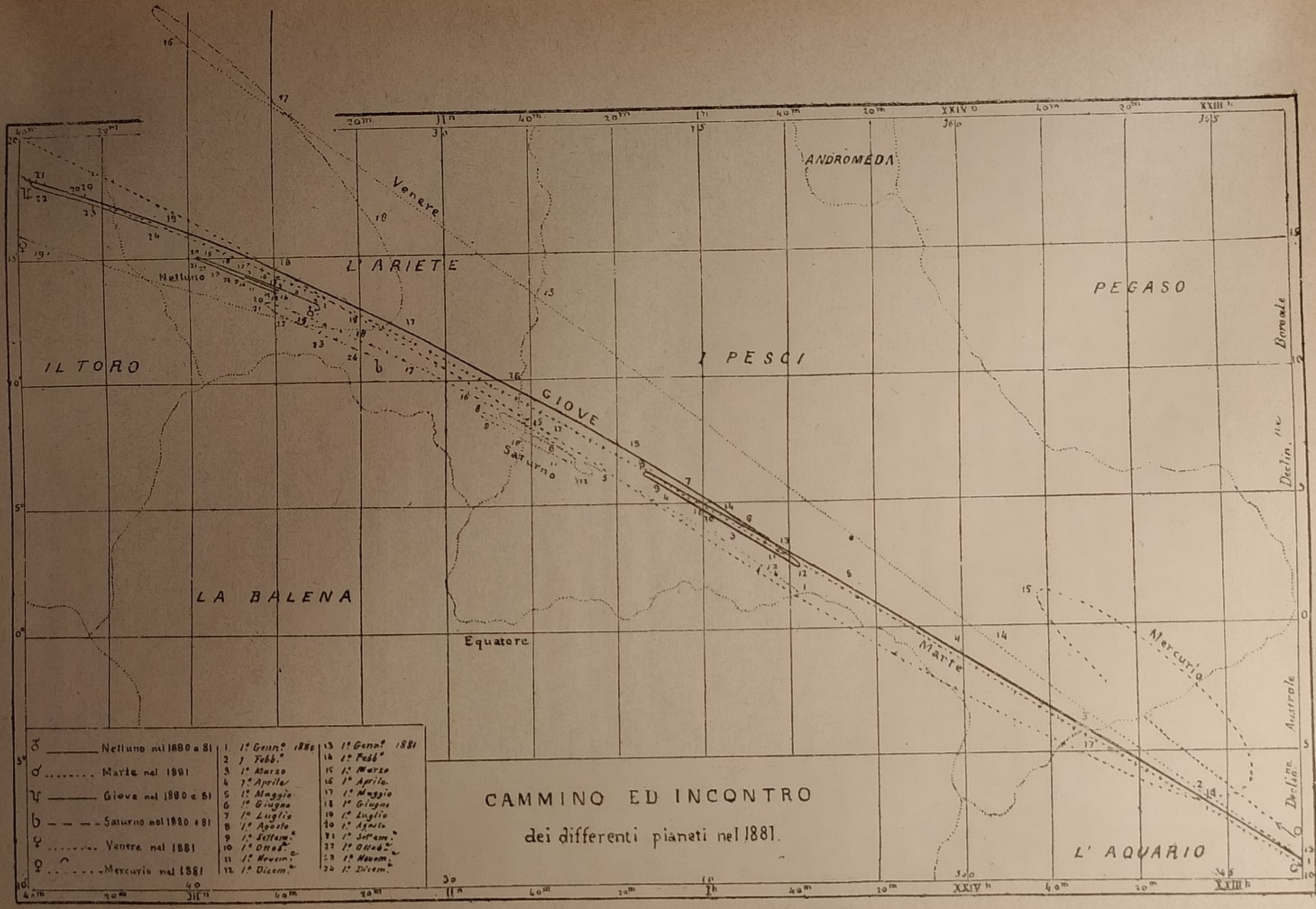
Fig. 185. — Posizioni e trajettoria di Nettuno nel 1879.

avere la pazienza di osservare di bel nuovo la nostra figura della pagina 265, e notare al centro l'orbita della Terra, e al di là, quella di Giove, capirà facilmente che girando intorno al Sole, noi cagioniamo, per un giuoco evidente di prospettiva, uno spostamento apparente di Giove sulla sfera stellata sulla quale questo si projetta. Codesto spostamento ha luogo per una metà dell'anno in un verso, e per l'altra in un altro. Gli è come se l'orbita di Giove si componesse di dodici anelli. Per dar ragione del moto apparente di Giove, gli astronomi antichi non poterono quindi a lungo conservare il suo cerchio semplice, ma si videro costretti a far girare Giove sopra un secondo

CAMMINO ED INCONTRO

dei differenti pianeti nel 1881.




ANDROMEDA
Venere
L' ARIETE
Nettuno
PEGASO
IL TORO
I PESCI
Declin. Boreale
GIOVE
Saturno
Equatore
Marte
Mercurio
Declin. Australe
LA BALENA
L' AQUARIO
CAMMINO ED INCONTRO
dei differenti pianeti nel 1881.
Nettuno nel 1880 e 81
Marte nel 1881
Giove nel 1880 e 81
Saturno nel 1880 e 81
Venere nel 1881
Mercurio nel 1881
1 1° Genn° 1881
2 1 Febb°
3 1° Marzo
4 1° Aprile
5 1° Maggio
6 1° Giugno
7 1° Luglio
8 1° Agosto
9 1° Settem°
10 1° Ottob°
11 1° Novem°
12 1° Dicem°
13 1° Genn° 1881
14 1° Febb°
15 1° Marzo
16 1° Aprile
17 1° Maggio
18 1° Giugno
19 1° Luglio
20 1° Agosto
21 1° Settem°
22 1° Ottob°
23 1° Novem°
24 1° Dicem°

cerchio minore, il cui centro percorreva in dodici anni il gran cerchio di prima. A questo modo Giove non seguiva direttamente il suo gran cerchio, ma uno piccolo che compiva dodici giri scorrendo col suo centro lungo la primitiva circonferenza in un periodo di dodici anni.

Saturno gravita in trent'anni intorno al Sole. Per spiegare le sue marcie e contromarcie apparenti viste dalla Terra, si era del pari innestato sulla sua orbita un secondo cerchio che portava il pianeta e il cui centro percorreva quell'orbita, di guisa che il pianeta girava trenta volte intorno a quel centro intanto che questo compiva una intera rivoluzione intorno alla Terra.

Siffatto cerchio secondario chiamasi *epiciclo*.

Quello di Marte era più celere dei precedenti. Quelli di Venere e di Mercurio erano molto più complicati. Ecco dunque una prima complicazione del sistema circolare primitivo. Eccone ora una seconda.

Poichè i pianeti in realtà percorrono delle ellissi, essi trovansi più vicini al Sole in certi punti che in altri. E perchè tutti i pianeti, la Terra compresa, si muovono intorno al Sole in differenti periodi, ne risulta che ogni pianeta è ora più vicino, ora più lontano dalla Terra stessa. — Marte, per esempio, in certi punti della sua orbita è più di quattro volte più lontano da noi che in altri punti. Per render ragione di queste variazioni di distanza si suppose che il cerchio descritto dal centro dell'epiciclo non avesse precisamente per centro il globo terrestre, ma un punto situato fuori della Terra e girante esso stesso intorno a questa. Si vede facilmente che con questo strattagemma, un pianeta. Marte, per esempio, descrivendo una circonferenza intorno a un centro posto lateralmente vicino alla Terra, si trova più discosto da questa in una certa parte del suo corso, e più vicino nella parte opposta. Il centro effettivo di ogni orbita celeste non coincideva con quello della Terra che pel sotterfugio del secondo centro mobile intorno a cui effettuavasi la rivoluzione.

Questa nuova combinazione meccanica ricevette la denominazione di sistema degli *eccentrici*, vocabolo che, al par del primo, ricorda la sua forma geometrica.

Codesti epicicli e questi eccentrici furono successivamente inventati, modificati e moltiplicati a norma dei bisogni della causa. Man mano che le osservazioni diventavano più precise, bisognava aggiungerne dei nuovi per rappresentare i fatti con maggior esattezza. Ogni secolo aggiungeva il suo nuovo cerchio, il suo nuovo ingranaggio al meccanismo dell'universo; tanto che ai tempi di Copernico, nel secolo decimosesto, ve n'erano già settantanove incastrati gli uni negli altri!

In generale non si ha alcuna idea delle linee bizzarre che i pianeti tracciano sulla sfera celeste coi loro moti apparenti veduti dalla Terra. Affinchè

ognuno possa rendersene conto facilmente, ho costrutto le cinque piccole carte celesti (fig. 181 a 185), che mostrano quei moti tali quali può chiunque seguirli sul cielo. Osservate, per esempio, il pianeta Marte: esso cammina in questo momento (luglio 1879) da destra verso sinistra, vale a dire da ovest verso est, traversa la costellazione d'Ariete, entra in quella del Toro, sosta quasi immobile dal 1.° al 15 ottobre, descrive come a dire un uncino per proseguire retrogradando fin al mezzo del mese di dicembre 1879, quivi staziona ancora per 15 giorni per fare una seconda risvolta e proseguire la sua strada nella direzione primitiva, nel 1880, attraverso il Toro, i Gemelli e gli altri segni dello zodiaco. — Vedete Giove (fig. 182), ha camminato direttamente fino a mezzo giugno, qui fa una stazione, retrograda quindi fino ad ottobre, stazionerà di nuovo, poi ripartirà nella direzione dell'est. — L'esame di Saturno, di Urano e di Nettuno conduce agli stessi risultati, con questa differenza che il moto è tanto meno rapido e l'oscillazione tanto meno grande quanto più lontano è il pianeta. Ecco quali sono le posizioni dei pianeti nel cielo pel 1879. L'anno seguente muteranno e andranno spostandosi d'anno in anno; Saturno non tornerà che entro trent'anni al punto che occupa attualmente, Giove in dodici anni, ecc. Ma col sussidio delle indicazioni che daremo più innanzi, basta impossessarsi bene delle posizioni pel 1879 e dei movimenti, per poter accompagnare e ritrovare i pianeti indefinitamente. — Quanto a Venere e a Mercurio, essi camminano più veloci di Marte e fanno tutto il giro del cielo in un anno; ma per trovarli basta cercarli vicino al Sole alle epoche opportune che indicheremo nel loro rispettivo capitolo.

Noi abbiamo rappresentato separatamente ciascuno di questi movimenti; ma accade talora che parecchî pianeti s'incontrino nella stessa regione del cielo, fatto questo che raddoppia l'importanza della loro osservazione. È precisamente ciò che accadrà per Giove e Saturno nel mese di aprile 1881 (1). Marte è già passato vicinissimo a Saturno il 27 luglio 1877 e il 20 giugno del 1879; passerà di bel nuovo non lontano da esso il 6 luglio 1881. Ecco dunque in prospettiva tre pianeti che andranno ad incontrarsi; ora, appunto, Nettuno staziona in questa medesima regione, e fa il quarto, e per aggiunta, Mercurio e Venere passeranno essi pure non lungi di lì. Si possono seguire questi curiosi movimenti sulla figura che segue; ma vuolsi perciò molta attenzione (sarebbe superfluo avvertire che ve ne volle ancor più assai per costruirla). È cosa rara che parecchî pianeti trovinsi così riuniti in una stessa regione del cielo, e se vi fossero ancora astrologhi a questo mondo, essi ci pronosticherebbero delle catastrofi da far fremere gli spiriti meglio temprati.

---

(1) Non dimentichi il lettore che questo libro fu scritto nel 1879, mentre questa traduzione è fatta nel corrente 1884. IL TRAD.

L'interesse scientifico per noi è di farci un'idea esatta dei moti apparent dei pianeti nel cielo, e l'interesse filosofico sta nel sapere che l'astronomia conosce l'avvenire dei moti celesti del pari che il loro passato; nessun miracolo viene a disturbarli mai.

Questi incontri sono indicati generalmente sotto il nome di *congiunzioni*. — Nel linguaggio astronomico, si serba questa denominazione specialmente per

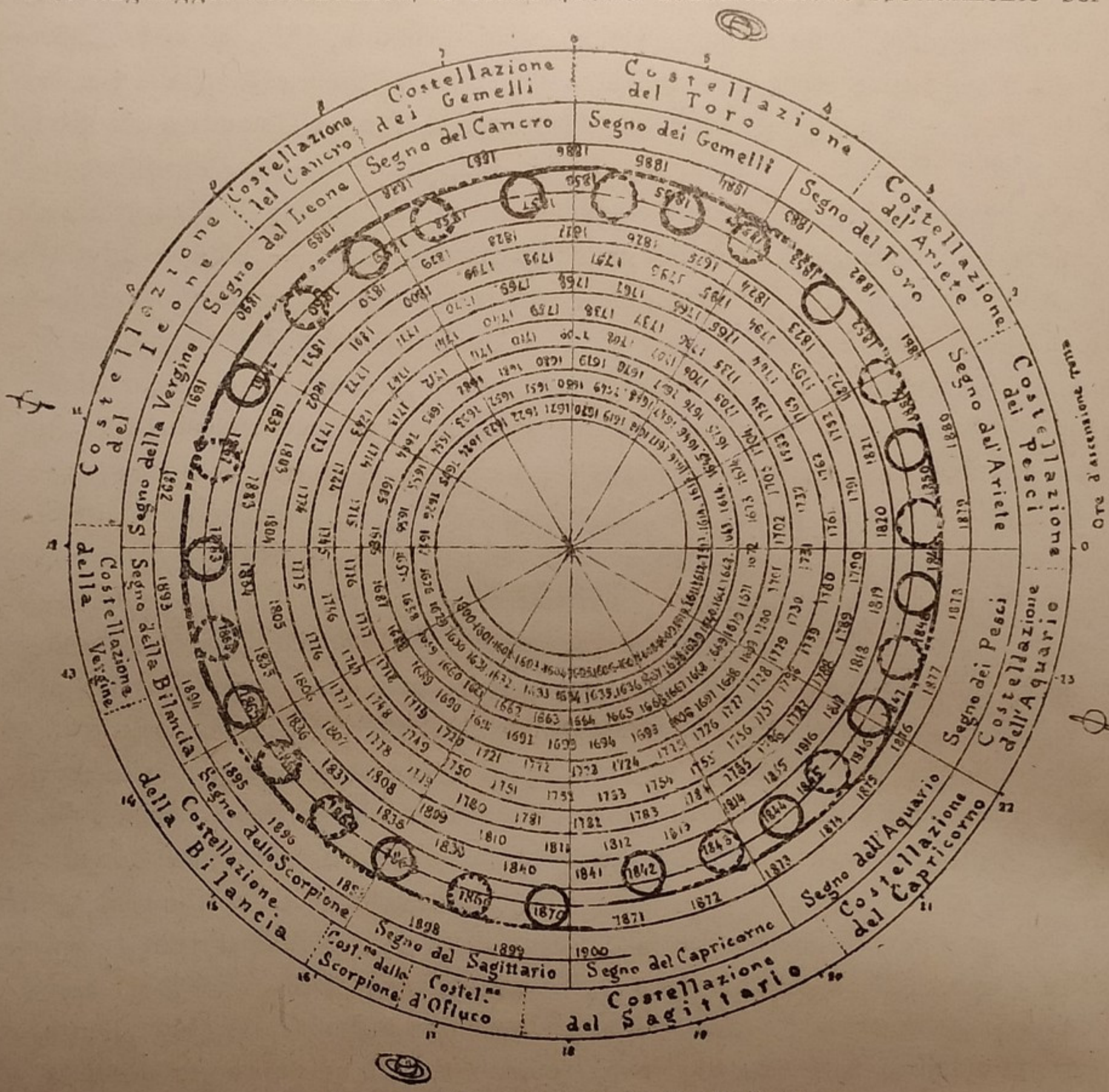


Fig. 187. — Moto di Saturno rispetto alla Terra.

quello di Mercurio e Venere allorchè passano fra il Sole e la Terra, o al di là del Sole: sono le loro congiunzioni inferiori o superiori. I pianeti esteriori all'orbita della Terra sono in *opposizione* allorchè la Terra trovasi fra essi e il Sole, vale a dire quando passano al meridiano a mezzanotte. Quando passano dietro il Sole essi sono in congiunzione con questo, ossia in opposizione colla Terra.

Parecchî scienziati opinano che siffatte posizioni dei pianeti influiscono

sulla meteorologia terrestre; l'osservazione dei fatti non ha ancora dato nulla di positivo a questo riguardo.

Ora, se vogliamo tracciare il piano di questi movimenti riferiti alla Terra supposta fissa nel centro del mondo, le figure che si ottengono sono ancor più singolari e ragguardevoli. Considerate, per esempio, le figure 187 a 191 che rappresentano i moti di Saturno, Giove, Marte, Venere e Mercurio riferiti

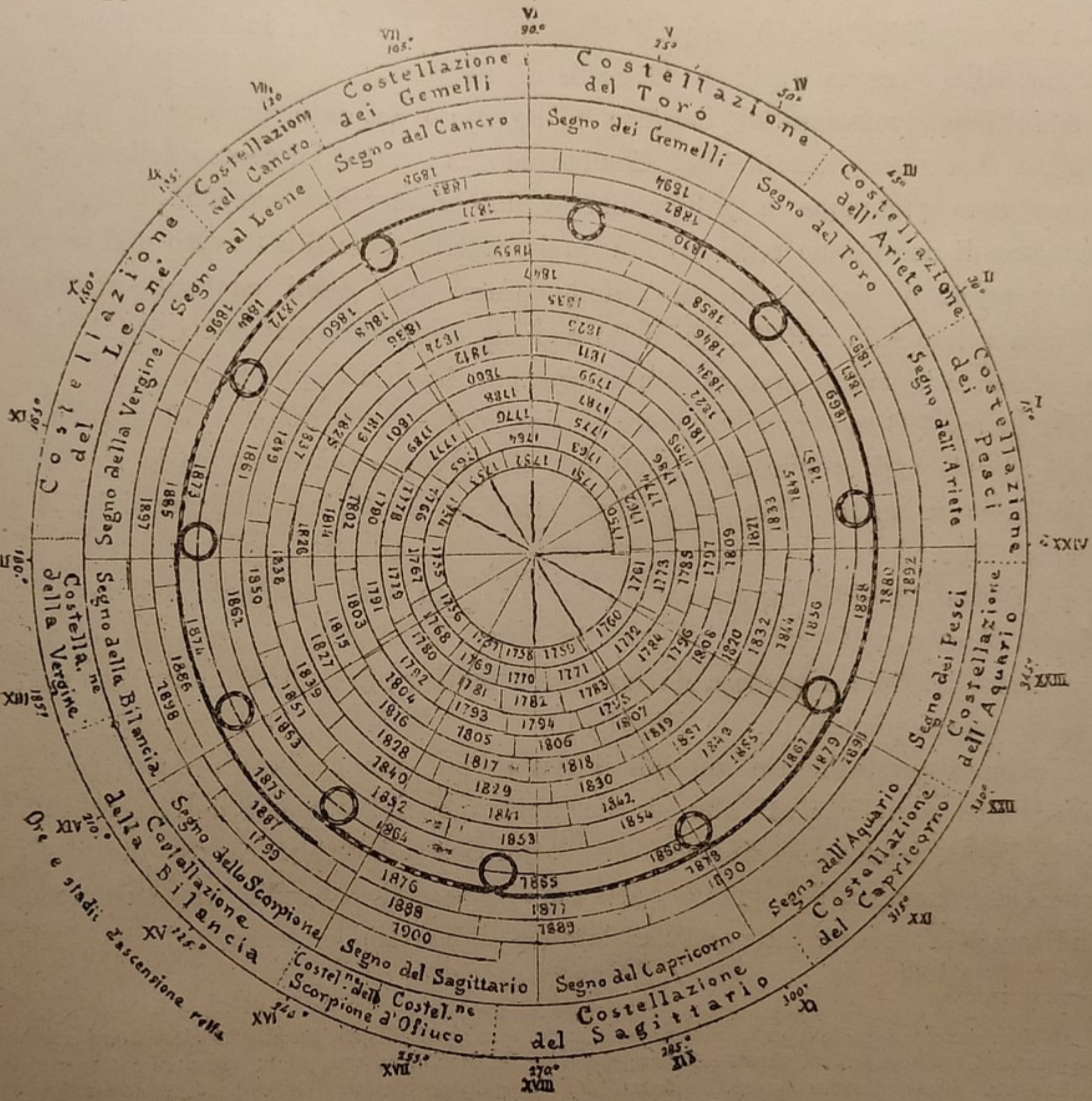


Fig. 188. — Moto di Giove rispetto alla Terra.

alla Terra. La prima mostra i 28 nodi di Saturno nel corso di una rivoluzione, dal 1842 al 1871; ho eseguito questo disegno nel 1869, non che quello del moto secolare di Urano, a proposito di una discussione che era sorta all'Accademia delle Scienze sopra una pretesa scoperta di questo pianeta in prossimità a Saturno nel 1639 attribuita a Galileo. Un dotto, membro dell'Istituto, ingannato da un falsario, aveva comperato dei manoscritti apocrifi di Galileo, di Pascal, Newton — e persino di Luigi XIV — sull'Astronomia.

— L'ignoranza ben nota di questo monarca avrebbe dovuto metterlo in sospetto sulla falsità di quei manoscritti. Ma il falsario era così furbo che il dotto di cui parlo acquistò per più di centomila franchi di quelle *care* lettere, ed anche una ventina d'altri accademici si lasciarono trappolare. Quanto alla scoperta di Urano nelle vicinanze di Saturno, nel 1639, le due carte retrospettive che io aveva costrutte, mostravano ad evidenza che quella era una fiaba insostenibile, poichè in quell'anno Saturno trovavasi in Capricorno, ed Urano nella Vergine a più di 90 gradi di distanza.

All'ultima rivoluzione di Saturno ho aggiunto le date precedenti fino al 1600, e le seguenti fino al 1900. Conducendo una retta dal centro della figura ad un anno qualunque e prolungandola fino al cerchio esterno, si trova a qual ora di ascensione retta (1) e in quale costellazione si è trovato o si trova o si troverà il pianeta. In virtù della precessione degli equinozî, il cielo ha camminato e le *costellazioni* dello zodiaco anticipano sui *segni* fittizî che gli almanacchi fanno sempre cominciare dall'*Ariete* all'equinozio.

La figura 188 mostra similmente il piano della rivoluzione di Giove veduta dalla Terra, cogli undici nodi coi quali si possono rappresentare le stazioni e le retrogradazioni. Inoltre le rivoluzioni vi sono state indicate dal 1750 fino al 1900.

Le figure 189-191 rappresentano del pari un ciclo completo dei moti di Marte, Venere e Mercurio rispetto alla Terra. In questi diagrammi l'orbita apparente del Sole è segnata da una linea punteggiata. Si vede così a quali epoche questi pianeti furono più vicini.

Mediante queste figure speciali il lettore può rendersi conto da sè medesimo delle complicazioni che si accumulavano nella teoria dell'immobilità della Terra. I pensatori finirono con accampare dei dubbî contro questo sistema astronomico, per quanta apparenza avesse di vero. Un re astronomo, che lasciò la sua corona per l'astrolabio e dimenticò la terra pel cielo, Al-

---

(1) Ecco che cosa intendesi per *ascensione retta* in ore e in gradi. Un circolo massimo della sfera celeste rappresenti l'equatore, ed un altro l'eclittica; essi sono inclinati fra di loro di 23° 28' circa e si tagliano in due punti diametralmente opposti che diconsi punti d'equinozio. Partendo da quello di primavera, supposto in basso nella figura imaginata, e andando verso destra dividiamo l'equatore in 24 parti uguali, od *ore*, e a quel punto poniamo 0 se incomincia la numerazione, e leggeremo 24 se la termina. Siccome gli astri si muovono in cielo pel moto diurno in senso inverso alla numerazione, essi si presentano successivamente al meridiano, ad 1 ora (1h.), a 1h. 30m., ecc., a 2h., a 3h., ecc., secondo che gli uni seguono gli altri di altrettanti intervalli di tempo; ed ecco che cosa è l'ascensione retta: l'ora astronomica in cui un astro si presenta al meridiano, ben inteso che l'orologio segni *zero* (24h.) quando passa al meridiano quel tal punto detto equinozio di primavera — Ora suppongasi la sfera celeste che ruota intorno all'asse polare, e su essa fisse le stelle. Infiniti meridiani intersecano l'equatore nei punti di divisione segnati dalle ore, minuti, di ascensione retta: una stella qualunque ha dunque il suo meridiano, che gli astronomi chiamano circolo orario: supponiamo che uno di questi tagli l'equatore nel punto in cui è segnato 15h. 30m.; tutte le stelle per cui passa, sempre, quel circolo orario, e quel pianeta che in un istante dato si trova su quel circolo orario, avranno in quell'istante per ascensione retta 15h. 30m. Questa cifra rimane quasi costante per le stelle, varia pel pianeta perchè questo si muove sulla sfera celeste attraverso le costellazioni.

IL TRAD.

fonso X di Castiglia, osò dire in un'assemblea di vescovi (e nel tredicesimo secolo), che se Dio lo avesse chiamato a consiglio quando creò il mondo, gli avrebbe dato de' buoni suggerimenti per costruirlo in modo meno complicato!

Ma soltanto alle intelligenze superiori e indipendenti era dato vedere nella crescente complicazione del sistema di Tolomeo una testimonianza della sua fallacia. I filosofi peripatetici accampavano in questa discussione lo strano argomento messo innanzi più tardi del gesuita Riccioli nel suo saggio di confutazione dei dialoghi di Galileo. Obbietteremo noi al sistema di Tolomeo il fatto che migliaja di stelle dovrebbero girare intorno a noi con una rego-

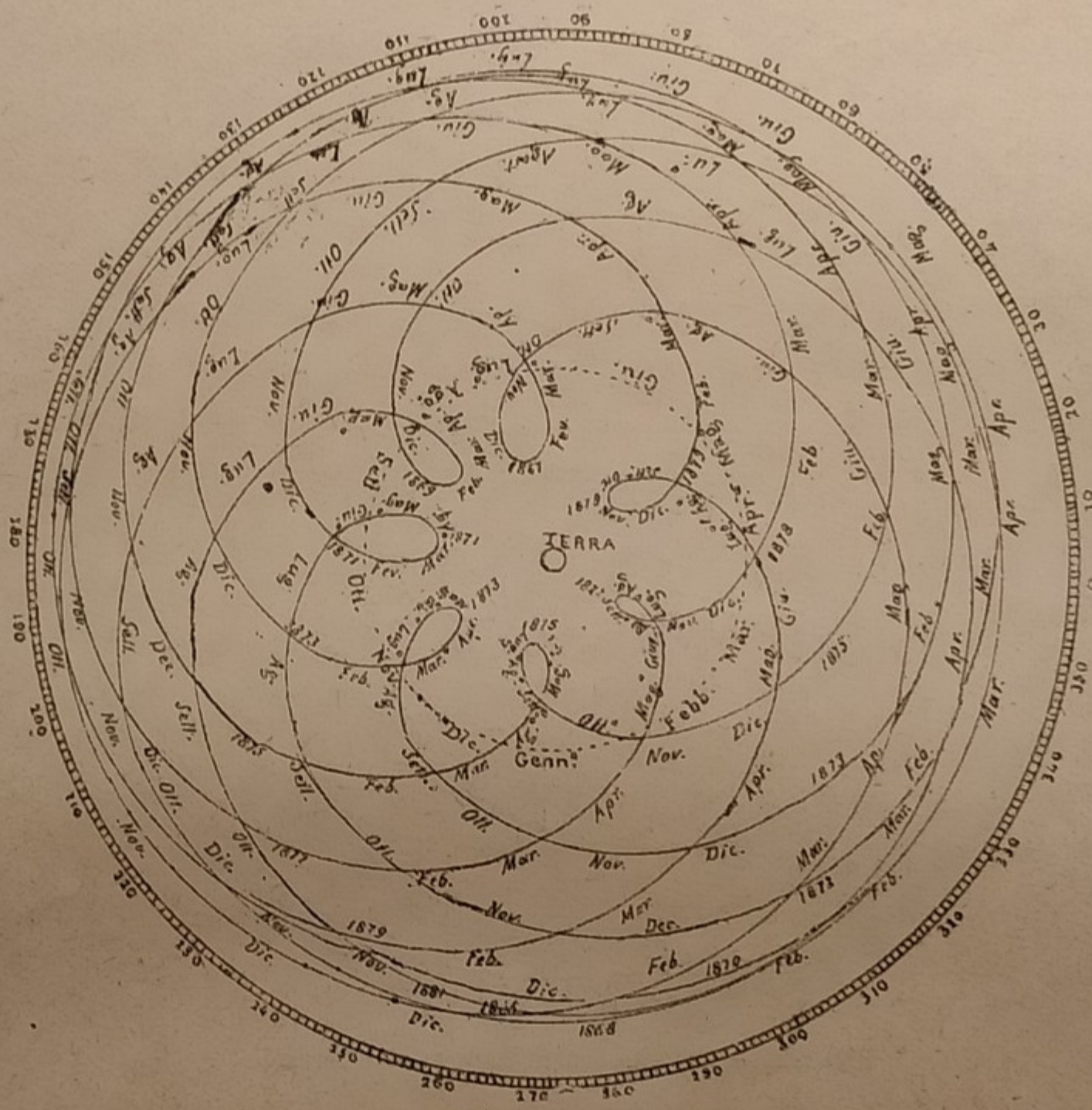


Fig. 189. — Moto di Marte rispetto alla Terra.

larità ben difficile a concepirsi in corpi indipendenti fra loro? che i loro movimenti diurni dovrebbero essere rigorosamente proporzionali alle distanze? che la mole del Sole in confronto a quella del nostro globo è una prova quasi irrecusabile del moto di quest'ultimo corpo? ecc. Riccioli ci risponderà: che vi sono delle intelligenze nelle stelle: che quanto più è difficile spiegare il moto del cielo, tanto più grande si manifesta la grandezza di Dio; che la nobiltà dell'uomo è superiore a quella del Sole, che poco importa all'uomo, pel quale tutto è stato fatto, che migliaja di stelle girino intorno a lui, ecc... »

Argomenti di questa forza non richieggono oggidì alla loro volta una lunga

confutazione. Tuttavia allora tenevano sospesi ed incerti alcuni uomini studiosi, e l'abitudine di ammirare questo sistema del mondo senza discuterlo, lo faceva conservare nelle scuole, malgrado le antilogiche complicazioni che vi si trovavano accatastate.

Questo modo di far perdere il tempo metafisicamente sotto pretesto di *far della scienza*, perdurò nelle scuole dell'antichità fino a Copernico, e ritardò per troppo lungo tempo l'avvenimento delle scienze esatte. Bisogna venire fino al secolo decimoquinto e al decimosesto per assistere all'introduzione del

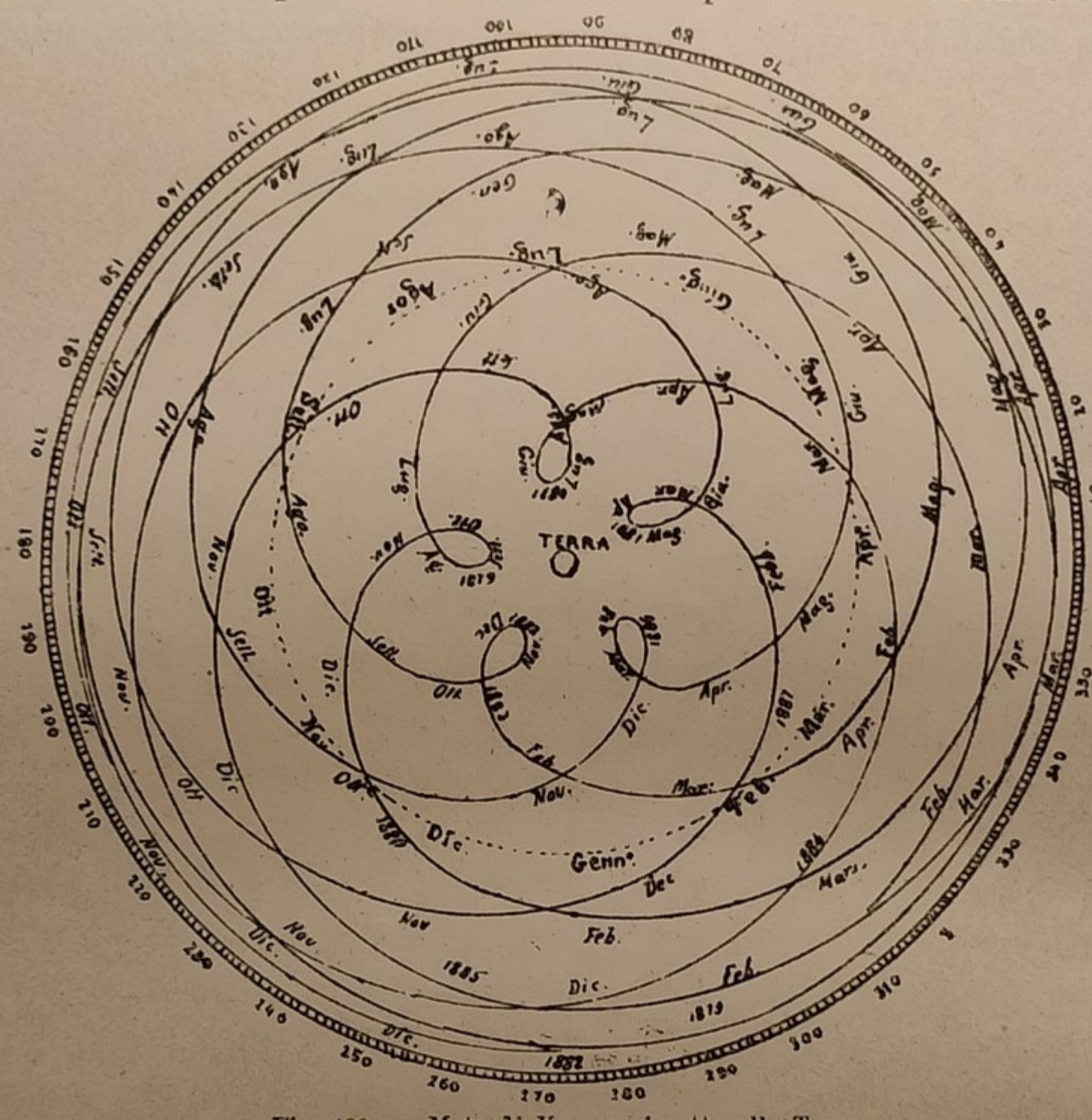


Fig. 190. — Moto di Venere rispetto alla Terra.

metodo sperimentale, per trovare degli scienziati indipendenti, spogli di pregiudizî e determinati a liberamente cercare la verità.

Per una fortunata coincidenza i più grandi fatti del progresso storico dell'umanità si diedero, per così dire, convegno in quest'epoca stessa. Il risveglio della libertà religiosa, lo sviluppo di un più nobile sentimento dell'arte, e la conoscenza del vero sistema del mondo, contrassegnarono, unitamente alle grandi imprese marittime, il secolo di Colombo, di Vasco di Gama e di Magellano. L'anno 1543 in cui vide la luce l'opera di Copernico *De Revolutionibus orbium cœlestium* che anatomizzava i cieli, vide pur comparire quella di Vesalio: *De corporis humani fabrica*, che creava l'anatomia umana. Il globo

terrestre si svelava sotto tutte le sue facce agli sguardi della scienza, e lo spirito umano, conoscendo ormai direttamente e sperimentalmente la sfericità del globo e il suo isolamento nello spazio, acquistava l'elemento più essenziale per prepararsi a intenderne il movimento.

Il sistema delle apparenze, l'opinione dell'immobilità del globo terracqueo e dei moti dei cieli, regnava adunque ancora, come abbiam visto, soltanto tre secoli or sono, dal 1509 al 1600, ai tempi di Francesco I, dei Medici e di Enrico IV, epoca non molto lontana dall'attuale; tutto ciò si insegnava an-

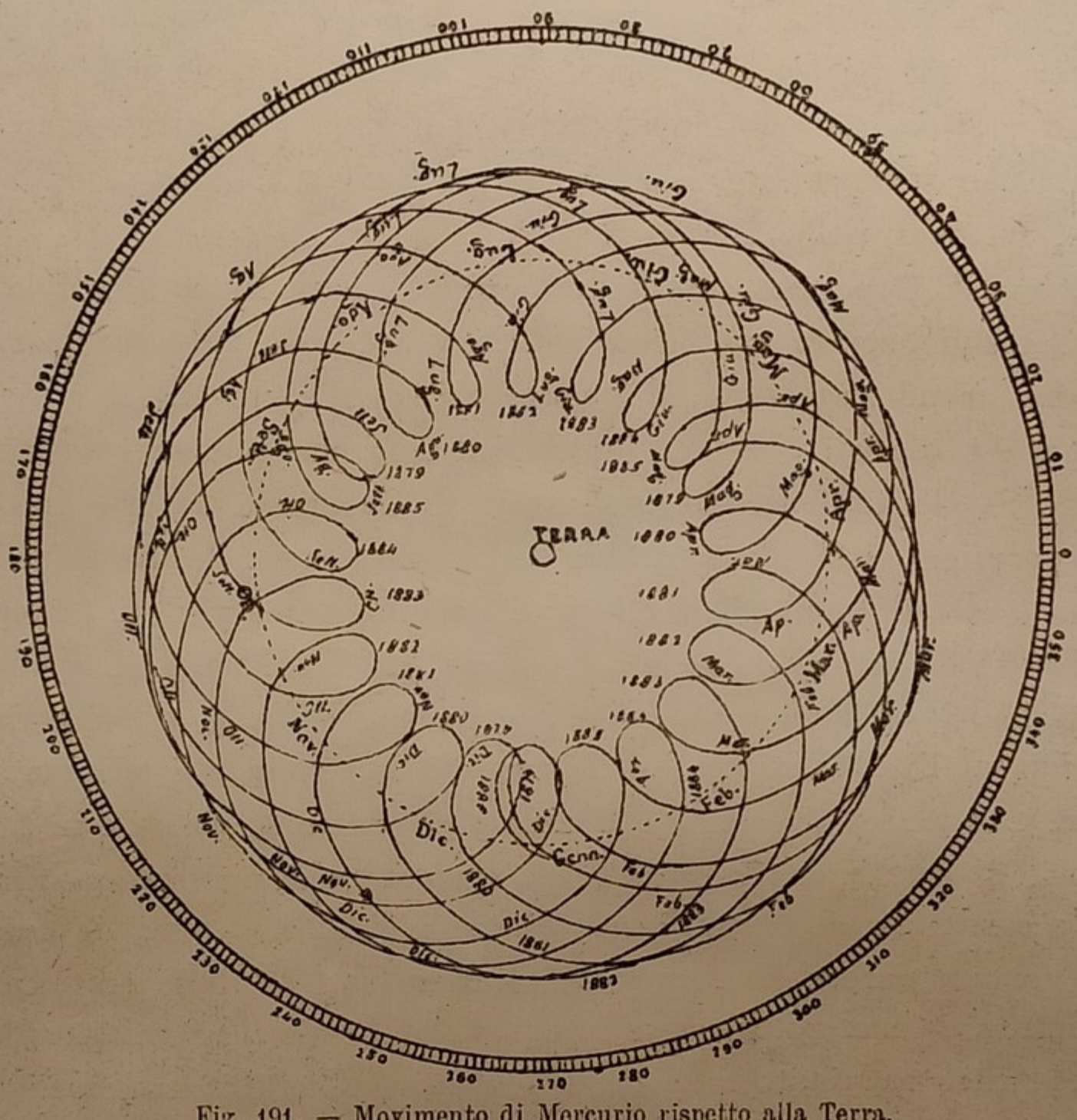


Fig. 191. — Movimento di Mercurio rispetto alla Terra.

cora sotto Luigi XIV e Luigi XV, in pieno secolo decimottavo; è ancora quell'idea semplice e mal definita, che domina tuttavia nelle menti ignoranti delle popolazioni dell'Europa moderna, giacchè oggi stesso, sopra cento persone prese in tutte le classi, ve ne sono ancor poche le quali abbiano capito che la Terra gira, che ne siano persuase e sicure, e non ve ne sono forse due che si rendano esattamente conto della velocità del suo moto di traslazione e degli effetti del suo moto diurno (1). Riflettendo alle condizioni meccaniche

(1) E forse non vi ha, nella stessa Francia, *una* persona sopra *diecimila*, la quale intenda la rivoluzione filosofica operata dall'astronomia moderna, e che sappia prendere il nostro pianeta e la sua umanità per quello che sono. — I ragazzi adulti continuano a fare degli altarini.

del sistema delle apparenze, che abbiamo poco stante tratteggiato, Copernico fu condotto a pensare che codesto sistema tanto complicato e così grossolano non doveva essere naturale. Dopo trent' anni di studî, si convinse che dando alla Terra un doppio movimento, uno di rotazione sopra sè stessa in ventiquattro ore, l' altro di traslazione intorno al Sole in trecentosessantacinque giorni e un quarto, si spiegava la maggior parte dei moti celesti pei quali eransi dovuti imaginare quegli innumerevoli cerchî di cristallo. L'ingegnoso astronomo s' elevò alla conoscenza del piano generale della natura, rivelò la sua opinione ai dotti suoi contemporanei, e la pubblicò prima di lasciar questa terra. Dopo il 1543, epoca della morte di Copernico e della pubblicazione del suo grande lavoro, gli astronomi hanno confermato, definitivamente provato e stabilito per sempre questa opinione, arditissima dapprima ed oggi così semplice, del moto della Terra.

Il sistema di Copernico è raffigurato nella nostra figura 192 dietro il lavoro del grande astronomo medesimo. Si vede che è la base essenziale del sistema del mondo, tal quale lo conosciamo oggidì; in esso il Sole si trova nel centro e i pianeti circolano intorno ad esso, ma presenta tuttavia certe differenze che la sapienza dei successori di Copernico doveva far sparire: 1.° le proporzioni delle distanze non erano conosciute; le trovò nel diciassettesimo secolo il genio di Keplero; 2.° mancavano i pianeti Urano e Nettuno, giacchè la loro scoperta non data che dal XVIII e XIX secolo; 3.° nè il cannocchiale, nè il telescopio erano per anco inventati, e si ignorava l'esistenza dei satelliti, la forma di Saturno e la grandezza relativa dei pianeti, ecc.. 4.° i pianeti Mercurio e Venere giravano in 80 giorni e in 9 mesi, invece che in 88 e 225 giorni; 5.° la Terra era dotata di un terzo movimento destinato a conservare il parallelismo del suo asse di rotazione, da cui la traslazione annua pareva lo dovesse allontanare; 6.° le stelle non sembravano tanto lontane da non poter essere illuminate dal Sole e ne riflettevano quindi la luce: l'astro raggiante campeggiava al centro dell'intera creazione. Sulla prima pagina del libro di Copernico si vede una piccola figura abbastanza bizzarra: una bilancia tenuta da una mano pesa il Cielo e la Terra, ed è il Cielo che prevale; la Terra è scacciata per sempre da un trono fin allora usurpato.

Non fu guari Copernico il primo che pensasse ad interpretare i moti celesti in base alla teoria del moto della Terra. L'immortale astronomo si è dato premura invece — raro esempio di sincerità — di accennare i passi degli antichi scrittori dai quali prese la prima idea della verosimiglianza di questo movimento: specialmente Cicerone, che attribuì quest'idea a Niceta da Siracusa: Plutarco che pose innanzi i nomi di Filolao, di Eraclide da Ponto e di Ecfanto pitagorico; Marziano Capella, che, cogli Egiziani, adottava il moto

di Mercurio e di Venere intorno al Sole, ecc. Cent'anni prima della pubblicazione del lavoro di Copernico, nel 1444, il cardinale Nicola da Cusa, nella sua grande enciclopedia teologica e scientifica, aveva egli pure ritornata in onore l'idea del moto della Terra e della pluralità dei mondi. Dall'antichità fino al secolo di Copernico, il sistema della immobilità della Terra era stato messo in dubbio da ingegni chiaroveggenti, e, sotto forme diverse, proposto

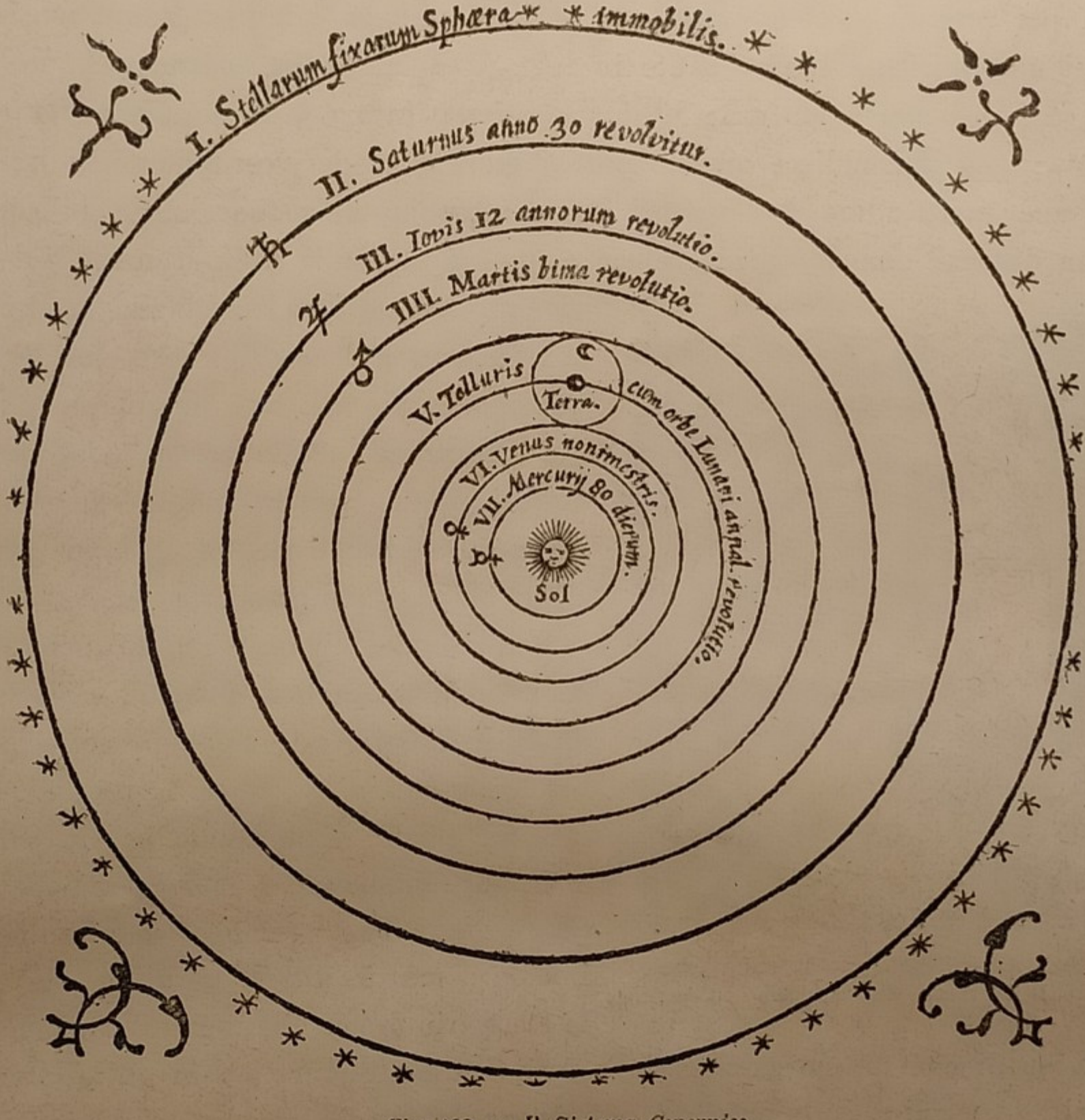


Fig. 192. — Il *Sistema Copernico*.
Fac-simile del disegno pubblicato nell'opera stessa di Copernico (1543).

quello del moto della Terra. Ma tutti questi tentativi dovevano lasciare a Copernico la gloria di stabilirlo definitivamente.

Non contento di ammettere semplicemente l'idea del moto della Terra come una semplice ipotesi arbitraria, ciò che parecchî astronomi avevano fatto prima di lui, volle, e qui sta la sua gloria, dimostrarla a sè medesimo; ne acquistò collo studio la convinzione, e scrisse il suo libro per provarla. Il vero profeta di una credenza, l'apostolo di una dottrina, l'autore dî una teoria, è l'uomo che coi suoi lavori dimostra questa teoria, fa condividere questa cre-

denza, diffonde questa dottrina. Non si può creare. Nulla è nuovo sotto il sole, dice un vecchio proverbio; ma si può dir meglio: nulla di ciò che riesce è nuovo affatto. Il neonato è informe, impotente. Le più grandi cose nascono allo stato di germe, per così dire, e crescono di nascosto, all'oscuro. Le idee si fecondano fra di loro; le scienze si ajutano reciprocamente; il progresso cammina. Quanti uomini sentono una verità, simpatizzano con un'idea, toccano, per così dire, colla mano una scoperta, senza saperlo! Viene il giorno in cui uno spirito sintetico sente in certo qual modo incarnarsi nel suo cervello un'idea quasi matura; le si appassiona intorno, la accarezza, la contempla; essa ingrandisce quanto più vi guarda; vede aggrupparsi intorno ad essa una moltitudine di elementi che concorrono a sostenerla. In lui, quell'idea diventa una dottrina. Allora, come gli apostoli della Buona Novella, diventa evangelista, annunzia la verità, la dimostra colle sue opere e tutti riconoscono in lui l'autore di quella nuova contemplazione della natnra, quantunque tutti sappiano perfettamente che non ha inventata l'idea, e che molti altri prima di lui ne poterono presentire la grandezza.

Fig. 193. — Il cielo prevale sulla Terra. Fac-simile del frontispizio sul libro di Copernico.

Non solamente quegli che co' proprî lavori ha fatta *sua* una dottrina scientifica, filosofica o religiosa, non può pensare un sol momento alla propria persona, alla propria gloria, dichiarando la sua paternità, ed enunciando i suoi lavori speciali (la precauzione sarebbe assolutamente inutile); ma è altresì naturale che per lo contrario procuri di mettere in evidenza tutti quelli che furono suoi predecessori, di dissotterrare persin gli argomenti sepolti da secoli sotto la pubblica indifferenza. Con tal procedere, l'autore onora sè stesso e consolida l'opera sua.

Tale è la situazione di Copernico nella storia dell'astronomia. L'ipotesi del moto della Terra era stata emessa molto tempo prima ch'egli pensasse di venire al mondo. Quella teoria contava alla sua epoca dei partigiani. Ma egli ne fece una cosa propria. La esaminò colla pazienza di un astronomo, col rigore di un filosofo. L'ha dimostrata col suo libro. Poi morì senza averla veduta adottata dall'universale, e non fu se non un secolo dopo la sua morte che l'astronomia l'adottò e che si volgarizzò coll'insegnamento. Ciò nondimeno Copernico è veramente l'autore del vero sistema del mondo, e il suo nome vivrà rispettato e glorioso sino alla fine dei secoli.

Questo grand'uomo non era nè un potentato, nè un principe, nè un personaggio ufficiale, nè affibbiato di titoli più o meno sonori o più o meno fatui: era un modesto medico, amico dell'umanità e della scienza, che consacrava la sua vita intera allo studio della natura, nobilmente noncurante sia delle ricchezze che della gloria. Era figlio ad un prestinajo polacco, e col suo solo lavoro giunse ad essere il più grande uomo del suo secolo. Il medico si fece prete, medico delle anime, e la condizione di canonico gli assicurò la vita calma e tranquilla che egli preferiva. Suo zio vescovo si stupiva qualche volta, che egli « perdesse tanto tempo » nello studio dell'astronomia (1).

V'ebbe un momento di ritardo nell'adozione della teoria del Sole centrale e del moto della Terra, ritardo dovuto all' astronomo Ticone (Tycho-Brahé), il quale nel 1582 ideò un sistema misto capace di conciliare l'osservazione colla Bibbia, nel cui home le scuole insegnanti rifiutavansi ad accettare la teoria del moto della Terra.

Non è a dire però che Ticone non riconoscesse egli medesimo il merito della teoria di Copernico. Egli stesso scrive: « Confesso che le rivoluzioni dei cinque pianeti si spiegano facilmente col semplice moto della Terra; che gli antichi matematici hanno adottato buon numero di assurdità e di contraddizioni, di cui Copernico ci ha liberati, e che soddisfa ben anche un po' più esattamente alle apparenze celesti. » Ma soggiunge subito che questo sistema non potrà mai conciliarsi colla testimonianza della Sacra Scrittura, e crede accontentare tutti facendo girare intorno alla Terra il Sole accompagnato dai pianeti.

Ecco con quali parole l'astronomo danese spiega egli stesso la sua teoria:

« Io penso che bisogna decisamente e senza alcun dubbio collocare la Terra immobile al centro del mondo, secondo il sentimento degli antichi e la testimonianza della Sacra Scrittura. Io non ammetto, con Tolomeo, che la Terra sia il centro delle orbite del secondo mobile; ma penso che i movimenti celesti sieno disposti in guisa che la Luna e il Sole soltanto coll'ottava sfera, la più lontana di tutte e che racchiude tutte le altre, abbiano i centro del loro moto verso la Terra. I cinque altri pianeti ruoteranno intorno al Sole qual loro capo e re, e il Sole sarà costantemente in mezzo alle loro orbite, che lo accompagneranno nel suo moto annuo... Per tal modo il Sole sarà la norma e il termine di tutte queste rivoluzioni, e, come Apollo in mezzo alle Muse, regolerà solo tutta la celeste armonia. »

Il sistema di Ticone lasciava sussistere la più terribile objezione che mai si fosse fatta a quella di Tolomeo, poichè immobilizzando la Terra al centrol

---

(1) È come di lady Byron, la quale, otto giorni dopo il suo matrimonio, si maravigliava perchè lord Byron si ostinava a scrivere dei versi, e gli chiedeva « quando avrebbe finito ». (Tengo il fatto da una amica di Byron, la marchesa di Boissy).

del mondo, supponeva sempre che il Sole, tutti i pianeti e l'intiero cielo delle stelle fisse percorressero intorno a noi in ventiquattro ore l'immensità delle loro orbite. Esso non godette mai di una vera autorità. Tuttavia lo si trova ancora, nel 1651, sul bizzarro frontispizio dell'*Almagestum novum* di Riccioli, riprodotto più indietro. Urania tiene una bilancia (reminiscenza di Copernico), e il sistema di Ticone prevale su quello di Copernico. Un uomo coperto di occhi in tutto il corpo simbolizza senza dubbio l'astronomo per eccellenza. Tolomeo è in terra col suo sistema. Si vede nel cielo che il cannocchiale astronomico aveva già rivelato le montagne lunari, le fasce di Giove, l'anello di Saturno, non che le fasi di Mercurio e di Venere. Alla fine del diciassettesimo secolo, Bossuet dichiara ancora imperiosamente che è il Sole che si muove, e Fénelon trattava le due opinioni alla stessa stregua. Il tribunale dell'Inquisizione d'altra parte, e la Congregazione dell'Indice, presieduta dal papa, avevano nel 1616 e nel 1633 dichiarata eretica la dottrina di Copernico, e condannati « tutti i libri che affermavano il moto della Terra. » Durante tutto il diciassettesimo secolo e parte del decimottavo, la Sorbona ha insegnato il moto della Terra siccome un'*ipotesi comoda, ma falsa!* Alla stessa epoca, sotto Luigi XIV, si rappresentava ancora la Terra seduta nel centro del mondo, come si vede in questa figura, fac-simile di una incisione di un atlante astronomico, sopra la quale si vedono Venere, Mercurio, Marte, Giove e Saturno circondare la Terra, coi loro attributi mitologici. Ma i lavori consecutivi dello stesso Ticone, di Galileo, Keplero, Newton, Bradley, Dalembert, Lagrangia, Laplace, Herschel, Le Verrier e d'altri grandi ingegni, diedero all'astronomia moderna una base assoluta e incrollabile, rafforzata da ogni nuova scoperta sulla quale l'edificio intellettuale della scienza si eleva, s'ingrandisce e sale sempre all'infinito. Le illusioni, gli errori, le ombre della notte si allontanano; la face della Verità illumina il mondo. Solamente coloro che volontariamente chiudono gli occhî possono continuare a vivere nell'illusione della tartaruga, che scambia le piastre della propria scatola per i confini dell'universo.

Gli antichi avevano osservato che i pianeti visibili ad occhio nudo, non si scostavano mai di molto dall'eclittica, cioè dalla strada annua apparente del Sole, e che la loro deviazione da quel circolo massimo della sfera celeste non oltrepassava mai gli 8 gradi, sia al nord sia al sud. Imaginando adunque in cielo due linee tracciate a quella distanza da una parte e dall'altra dell'eclittica, si disegna una zona di 16 gradi d'ampiezza che fa il giro del cielo e dalla quale i pianeti non escono mai. Siffatta zona è lo *zodiaco*, che deriva il suo nome dal vocabolo greco *zôon*, animale, perchè le costellazioni che lo compongono sono per la maggior parte figure di animali. Gli antichi hanno diviso quel gran cerchio in dodici parti eguali o *segni*, ciascuno dei quali se-

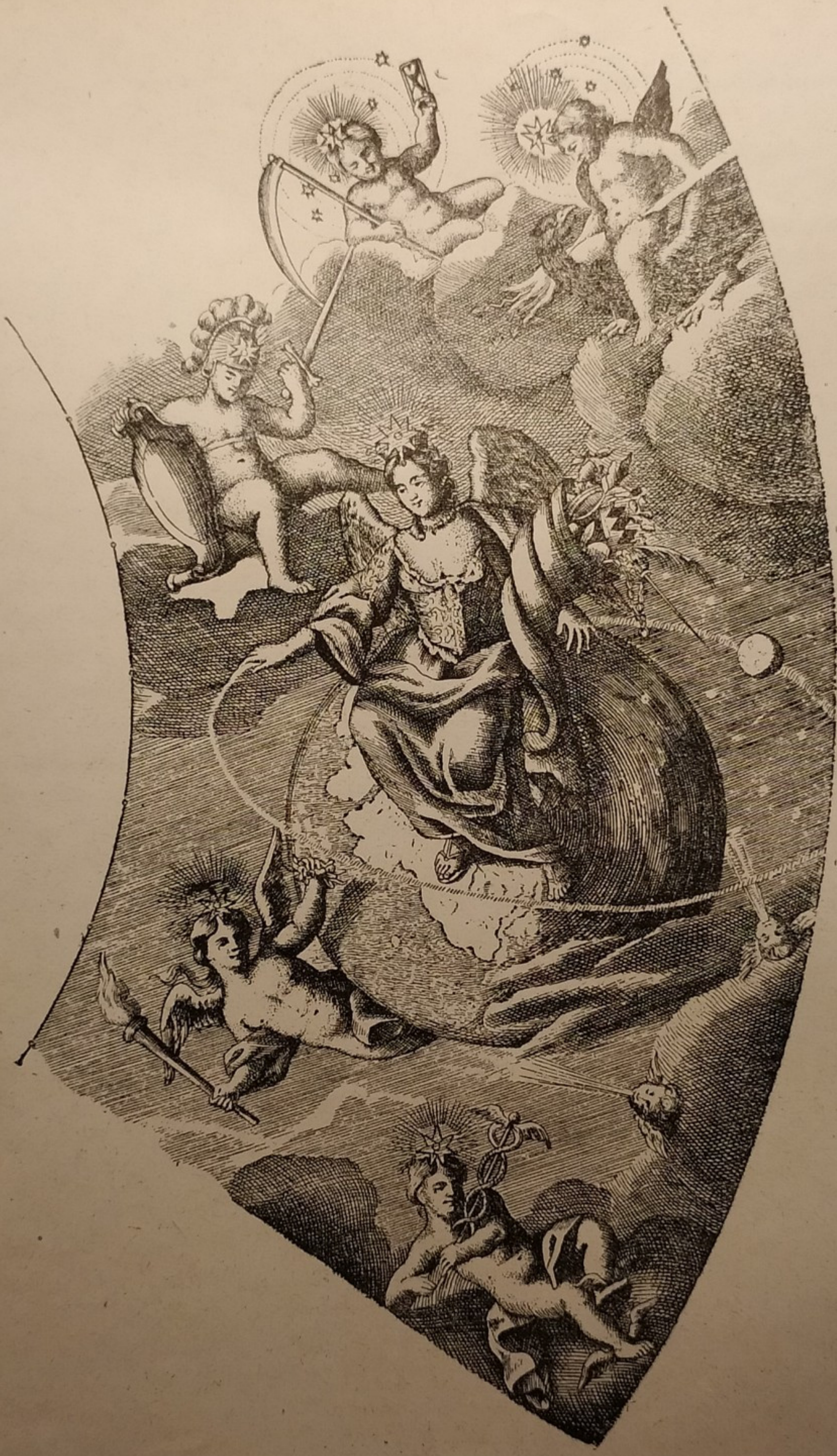


Fig. 195. — La Terra seduta al centro del mondo e la mitologia planetaria, sotto Luigi XIV.

gnava la dimora del Sole durante ciascun mese dell'anno (vedi la figura 27, pag. 53).

I grandi pianeti Urano e Nettuno, scoperti dagli astronomi moderni, si muovono pur essi entro i limiti dello zodiaco; ma parecchî fra i piccoli pianeti che circolano fra Marte e Giove, ne escono in causa della grande inclinazione delle loro orbite, e le comete se ne allontanano talora siffattamente da toccare persino i poli. Il Sole, la Luna e i pianeti sono da antichissimo tempo indicati sotto i seguenti segni:

☉	☽	☿	♀	♂	♃	♄
Sole	Luna	Mercurio	Venere	Marte	Giove	Saturno

Il segno del Sole rappresenta un disco; era già adoperato migliaja d'anni fa dagli Egizî. Quello della Luna ne rappresenta la falce. Lo si trova in uso presso tutti i popoli fin dalla più remota antichità. Il segno di Mercurio ebbe per origine un caduceo, quello di Venere uno specchio, quello di Marte una lancia, quello di Giove la prima lettera della parola Zeus, e finalmente quello di Saturno una falce. Si trovano impiegati da' gnostici e dagli alchimisti fin dal X secolo. Al XVII secolo, si cominciò a considerar la Terra come pianeta, e le si diede il segno di ♁, globo sormontato da una croce. Nel XVIII secolo la scoperta di Urano aggiunse un nuovo pianeta al sistema. Lo si indicò col segno ♅ che raffigurava l'iniziale di Herschel. La scoperta di Nettuno, nel 1846, ha accresciuto di uno il numero dei segni: ♆; è il tridente del dio dei mari.

Ma è ormai tempo di lasciar la storia degli aspetti apparenti per entrare direttamente nella descrizione di ciascuno dei mondi del sistema.

CAPITOLO II.

Il pianeta Mercurio e i suburbî del Sole.

☿

Per fare la descrizione del sistema planetario, noi partiremo dal centro per andare verso la periferia. Noi conosciamo già l'ordine in cui si succedono i mondi; abbiamo pure esaminato in dettaglio il terzo pianeta del sistema e il satellite che lo accompagna. Cominciamo dunque qui la descrizione delle altre terre del nostro mondo solare, dalla provincia più vicina al Sole cioè da Mercurio.

Anzi tutto facciamoci una domanda; vi ha o vi sono fra il Sole e Mercurio uno o più pianeti ancora a noi sconosciuti? La questione fu posta, e venne molto discussa da parecchî anni. È cosa importante l'esaminarla tosto innanzi di andar oltre. Studiamola come importa di farlo per i più piccoli argomenti astronomici, cioè fin dall'origine e di prima mano, a fine di giudicarla esattamente ed imparzialmente. Uno dei più eminenti matematici del nostro secolo, l'astronomo francese Le Verrier, analizzando rigorosamente i movimenti di tutti i pianeti, giunse a costruire le tavole esatte delle posizioni di Mercurio, Venere, Marte, Giove, Saturno, Urano, per parecchie migliaja di anni.

Egli incominciò questo immenso lavoro matematico verso il 1840 e lo compì nel 1877, alcuni mesi soltanto prima della sua morte; nobile impiego di una vita attiva che sarebbe stata ancora più utile alla scienza ed all'umanità, se egli fosse stato dotato di un carattere più socievole e di un amore più impersonale pel progresso generale (1).

Il moto del pianeta Urano aveva mostrato delle irregolarità inesplicabili nell'influenza perturbatrice dei pianeti allora conosciuti, e aveva perciò appunto

---

(1) Ma cercate un sole senza macchie! Newton stesso, il gran Newton, non si mostrò egli pure irascibile del pari e geloso? Laplace, il Newton francese, non ebbe egli la debolezza di lasciarsi decorare del titolo di conte da Napoleone, poi di quello di marchese da Luigi XVIII? Laplace conte e marchese: cotesto aggiunge forse un etto al suo merito e alla sua gloria? Cuvier, il fondatore della paleontologia, nominato barone dallo stesso re, non ha egli sacrificato i vantaggi della scienza pura alle classiche timidezze officiali? I più grandi genî sono deboli. I matematici che hanno un cattivo carattere sono per avventura psicologicamente scusabili, giacchè la costante tensione del loro spirito può essere la causa stessa del loro stato di suscettibilità. — Quegli che è senza difetti lanci la prima pietra.

convinto gli astronomi dell'esistenza di un pianeta ignoto, situato al di là di Urano, nel cui movimento doveva cagionare le perturbazioni rivelate dalle osservazioni meridiane di questo corpo celeste. Nel 1845 Arago suggerì a Le Verrier di risolvere questo importante problema di matematica trascendentale. Le Verrier vi riuscì con gloria e fortuna, ed annunciò, come vedremo innanzi, il luogo in cui quel pianeta incognito doveva occupare nell'immensità del cielo. Si puntò un cannocchiale verso quel luogo: il pianeta vi era.

Per tal modo le perturbazioni inesplicate del moto del pianeta Urano hanno rivelato alla teoria l'esistenza del pianeta Nettuno. È questa una delle più maravigliose affermazioni date dal progresso dell'astronomia alla verità della teoria newtoniana della gravitazione universale.

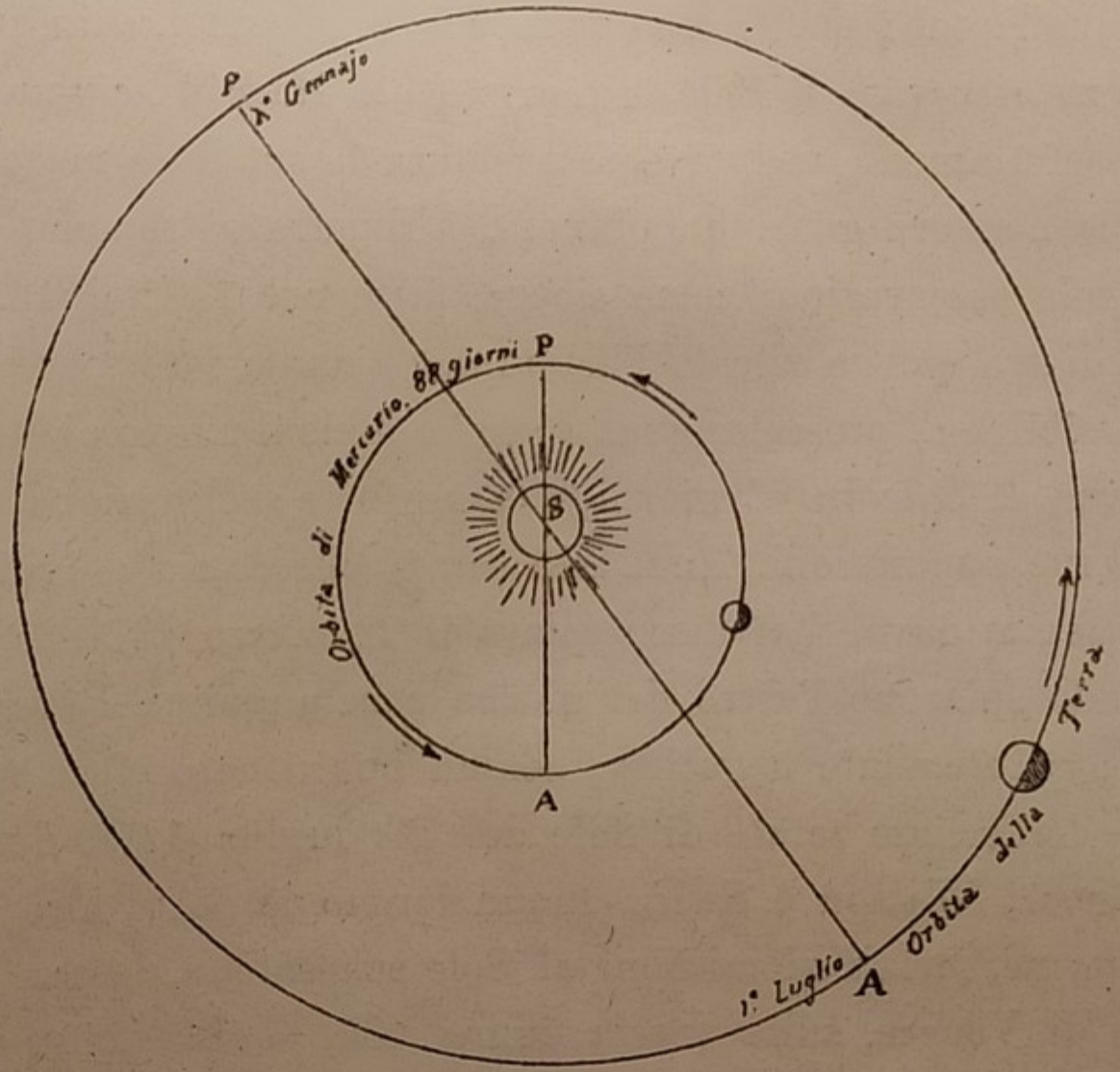


Fig. 196. — Orbita di Mercurio intorno al Sole.

Ora, l'analisi del movimento del pianeta Mercurio ha del pari indicato a Le Verrier, nel 1859, delle perturbazioni che non si spiegano coll'azione degli altri pianeti, e che invece si spiegherebbero se fra Mercurio e il Sole si trovassero uno o più pianeti circolanti intorno all'astro centrale. La teoria di Mercurio presenta colle osservazioni una differenza che dà un aumento di 31″ di arco nel moto secolare del perielio.

Se questa ipotesi è vera, si debbono scorgere di tempo in tempo dei corpi oscuri dotati di un moto proprio di traslazione, passare dinanzi al disco solare. Ora, erano scorsi appena alcuni mesi dopo l'annunzio fatto di questi risultati all'Accademia delle scienze, allorchè un medico di campagna, amantissimo dell'Astronomia, il quale consacrava al culto delle bellezze del cielo

il tempo che gli lasciava libero la cura delle miserie terrestri, voglio dire il mio eccellente e vecchio amico dottor Lescarbault, annunziò di aver osservato, dalla sua modesta casa di Orgères, il 26 marzo 1859, una macchia evidentemente circolare e nerissima, passare sul Sole; l'aveva seguita durante più di un'ora e aveva notato il suo spostamento sul disco solare.

Dal 1858 fino al 1876, Le Verrier raccolse più di cinquanta osservazioni analoghe, dalle quali ne scartò un buon numero perchè la loro discussione mostrava ch'esse avevano avuto per oggetto nient'altro che delle pure macchie solari. Nell'istesso anno 1876 vi fu grande commozione all'occasione di una macchia perfettamente rotonda e proprio nera, che pareva del pari animata da moto proprio, la quale era stata veduta da un osservatore tedesco il 4 aprile di quell'anno; ma il caso volle che precisamente in quel giorno si era assiduamente osservato il Sole a Londra e a Madrid, *cinque ore prima*, che vi si era perfettamente veduta e fotografata la suddetta macchia, la quale per conseguenza non era guari un pianeta. L'illustre astronomo considerò in complesso sei sole osservazioni come sicure, fatte nel 1802, 1819, 1839, 1849, 1859 e 1862, e dietro queste calcolò l'orbita del pianeta intermercuriale. Fra le varie orbite possibili egli prescelse quella per la quale il nuovo pianeta, Vulcano, girerebbe intorno al Sole in 33 giorni, e la cui forte inclinazione spiegherebbe la rarità delle sue apparizioni. Annunciò altresì che, secondo ogni probabilità, esso sarebbe passato davanti il disco solare il 22 marzo 1877. Gli astronomi di tutto il mondo spiarono l'astro del giorno con unanime *indiscrezione;* ma il risultato fu assolutamente negativo; nessun punto nero fece mostra di sè.

In occasione dell'eclisse totale di Sole del 29 luglio 1878, due astronomi americani, i signori Watson e Swift, annunziarono da parte loro di aver visto due pianeti intermercuriali vicinissimi al Sole eclissato (a destra ed in basso, nella direzione di Venere, sulla nostra figura 103, pagina 249), e anche all'Osservatorio di Parigi vi fu chi si affrettò, un po' alla stordita, di calcolare una nuova orbita, dietro quell'osservazione. Ma non era difficile persuadersi che i due punti brillanti presi per due pianeti erano semplicemente le due stelle Theta e Zeta del Cancro. In appresso venne calcolata dall'astronomo tedesco Oppolzer una nuova orbita e si annunciò un nuovo passaggio: si esaminò il Sole quel giorno là più diligentemente che mai, e non si vide niente. — La discussione assolutamente libera e imparziale del subjetto ci conduce pertanto alla conclusione che, *secondo ogni propabilità*, non esiste fra il Sole e Mercurio nessun pianeta paragonabile a questo.

Senza dubbio, non puossi negare che non possa esservi un pianeta più vicino al Sole che nol sia Mercurio, a quella guisa che non si può negare che ne possa esistere uno od anche più di uno al di là di Nettuno. Ma fra le due possibilità, la seconda è più probabile dell'altra.

Ma allora, che cosa diventano le osservazioni di punti neri che attraversano il disco del Sole? Noi osserveremo solamente — senza mai porre in dubbio naturalmente, la buona fede e la sincerità di verun osservatore — che niente è più facile che d'ingannarsi nell'esame del moto di una macchia solare atteso che il diametro verticale del disco solare cambia da un'ora all'altra, e che una macchia la quale si sarà veduta, per esempio, nell'alto del disco, a un certo minuto, sembrerà aver viaggiato, se la si rivede un'ora o due più tardi: Per esser sicuri del moto proprio, converrebbe aver accompagnato il punto nero dal momento della sua comparsa sul disco fino ad una distanza notevole dal lembo, oppure avere un istrumento munito di un movimento d'orologeria; queste condizioni non sono state adempiute da nessuno degli osservatori, a motivo della loro situazione e dello stato del cielo. L'osservazione migliore è quella di Lescarbault (il quale trovasi appunto a Parigi in questo momento in cui scrivo, e che mi traccia per la sua osservazione una corda vicinissima al lembo). Ma isolata, quest'osservazione non è abbastanza concludente.

Ma allora, altresì, che cosa diventa la teoria di Mercurio? Questo pianeta presenta esso incontestabilmente un aumento nel moto secolare del suo perielio? Sì. Ma la causa non dev'esserne un pianeta. La ragione principale del dubbio è che, da una ventina d'anni, non passò, si può dire, un giorno solo, senza che il Sole non sia stato esaminato, disegnato, fotografato, in Italia, in Inghilterra, nel Portogallo, in Spagna, in America, in Francia ed altrove, che il suddetto pianeta sarebbe passato più di cento volte dinanzi al Sole, e tuttavia non lo si vide mai, *quel che si dice veduto*. O esso si nasconde per bene, o non esiste. Mercurio era la divinità dei ladri; il suo compagno si nasconde come un assassino anonimo! Le perturbazioni che si tratta di spiegare lo si possono, se si ammette l'esistenza di uno sciame di piccolissimi asteroidi, troppo piccoli per essere visibili da qui sul disco solare, e pel fatto dell'influenza dei materiali cosmici che certamente esistono nelle vicinanze dell'astro diurno, materiali che, durante le eclissi totali formano enormi sciami da una parte e dall'altra del gran focolajo, e i cui strati più densi costituiscono senza dubbio la luce zodiacale: sonvi là come a dire dei turbini di polvere illuminati in seno ad una luminosa irradiazione.

Fino a nuovo ordine, noi lasceremo dunque il pianeta intermercuriale, già battezzato col nome di Vulcano, nel campo delle congetture, e prenderemo subito terra sul pianeta Mercurio.

Questo pianeta situato, come abbiam visto, a 14 milioni di leghe dal Sole intorno a cui gira in 88 giorni, percorre un'orbita compresa entro quella della Terra, e molto più piccola della nostra. La fig. 196 ne dà un'idea esatta; essa è disegnata nella scala di 1 millimetro per 1 milione di leghe. Quest'orbita

non è circolare, ma ellittica. La sua eccentricità, vale a dire la distanza dal centro dell'ellisse al foco, espressa in proporzione del semi-asse maggiore o della distanza media, è di 2 decimi (0,2) vale a dire di 2 900 000 leghe. Al suo perielio, il pianeta si avvicina fino ad 11 375 000 leghe dal centro solare, mentre che al suo afelio se ne allontana fino a 17 250 000 leghe. È, relativamente, la più allungata delle orbite planetarie. Sulla stessa scala esatta fu tracciata l'orbita della Terra.

La distanza fra Mercurio e la Terra varia dunque considerevolmente. Allorchè passa fra il Sole e noi e che si trova al suo afelio, può avvicinarsi a noi fin a meno di 20 milioni di leghe; il diametro apparente del suo disco raggiunge allora 13 secondi; ma nella parte più lontana del suo corso, allorchè passa dietro al Sole, la sua distanza può crescere fino a 65 milioni di leghe, e allora il suo disco è ridotto a soli 4 secondi e mezzo di diametro. Quando il pianeta passa fra noi e il Sole si dice che è in *congiunzione inferiore;* all'incontro la sua posizione dall'altra banda del Sole, si chiama *congiunzione superiore.*

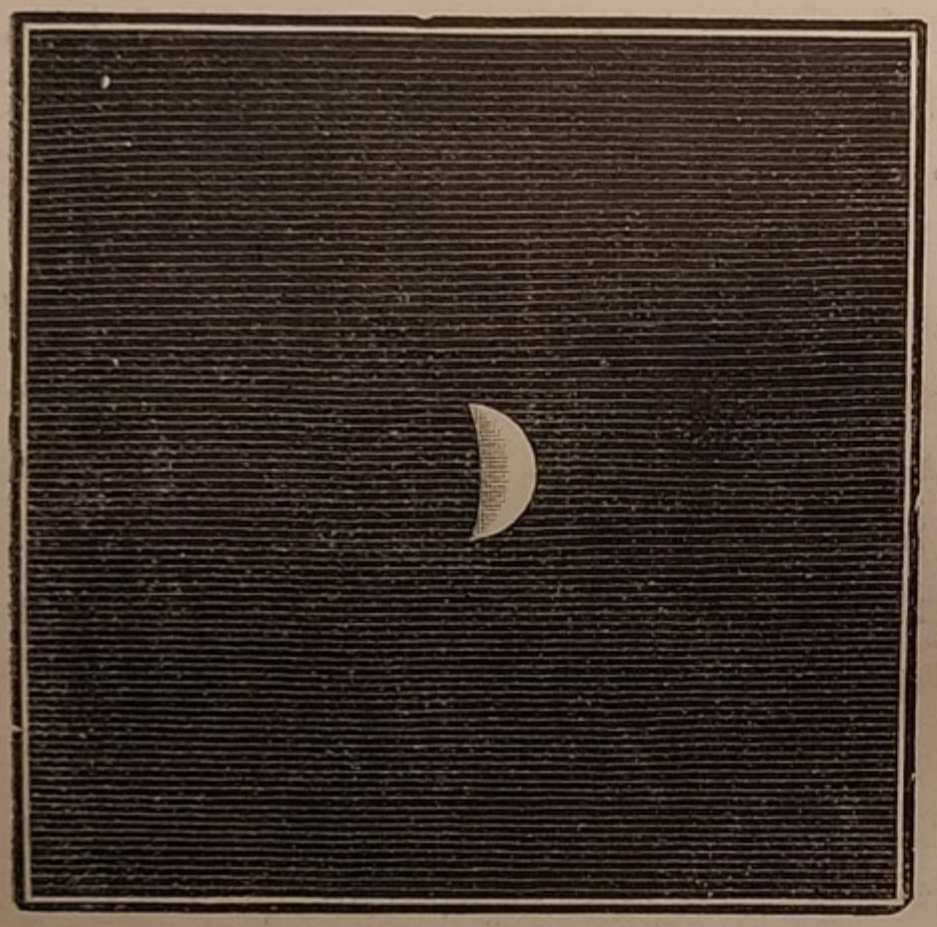


Fig. 197. — Aspetto di Mercurio il 4 aprile 1879.

Il perielio di Mercurio si trova a 76° di longitudine, ossia lontano 76° dal punto occupato dal Sole sull'eclittica all'istante dell'equinozio di primavera; il perielio della Terra trovasi 25° più lungi: a 101°. Abbiamo veduto più sopra (fig. 191 a pagina 401) che questo pianeta passa tre o quattro volte all'anno pel suo perielio.

Mercurio non è visibile se non alle epoche della sua massima distanza dal Sole. Si scorge allora alla sera, tardando ogni dì più a tramontar dopo il Sole, splendere nel cielo d'occidente come una stella di prima grandezza. Ma non può scostarsi più di 28 gradi dall'astro raggiante, nè ritardare il suo tramonto più di due ore dopo di lui; di guisa che, anche nei giorni delle sue massime elungazioni, è perduto nella luce crepuscolare, o, quando sopraggiunge la notte, trovasi troppo basso per non essere nascosto nei vapori dell'orizzonte.

L'autore della scoperta del vero sistema del mondo, Copernico, è disceso nella tomba senza aver potuto vederlo, in Polonia, una sola volta. In Francia, non passa anno senza che non si possa verificare la sua presenza almeno una volta, e ne feci io stesso parecchie osservazioni. Una delle più impor-

tanti è quella del 17 febbrajo 1868. Avevo allora un modesto osservatorio situato poco lungi dal Pantheon, d'onde la vista era estesissima, e che non doveva tardare ad essere mascherata dalle posteriori costruzioni parigine. Mer-

Fig. 108. — Osservazione dei pianeti Venere, Giove e Mercurio nel 1868.

curio e Giove brillavano quella sera l'uno vicino all'altro; congiunzione rara: i due pianeti erano abbastanza vicini fra loro (un grado e mezzo) per entrare entrambi nel campo di uno stesso canocchiale (nel cercatore). Coincidenza

ancor più bizzarra, il pianeta Venere scintillava contemporaneamente al di sopra dei primi due, e, il 30 gennajo, era pure passato presso Giove tanto quasi da projettarsi su di esso ed occultarlo; la distanza angolare dei due mondi era ridotta a 20 minuti. Il *Magasin pittoresque* di quell'epoca ha pubblicato, a questo proposito, il piccolo schizzo che qui riproduciamo a pag. 417. Il confronto della grandezza, dello splendore e del colore di quei tre pianeti in congiunzione è stato rilevantissimo. La smagliante luce di Venere di fianco a quella di Giove faceva l'effetto di una luce elettrica accanto ad una fiamma di gas; il bel pianeta era bianco e limpido come un diamante luminoso Giove era, appresso, giallastro e quasi rosso; Mercurio era ancor più rosso di Giove. Nel canocchiale, Venere e Mercurio offrivano una fase marcatissima.

La prima condizione per poter osservare di frequente questo pianeta, si è d'abitare in un clima favorevole. Un astronomo dilettante, nel secolo scorso; il signor Gallet, canonico ad Avignone (che Lalande chiamava Hermofilo, amico di Mercurio), l'ha osservato più di cento volte. Io lo esanimo sempre una volta o due ogni anno. La figura 197 riproduce l'ultimo disegno che ne ho fatto, il 4 aprile 1879. Il pianeta presentava allora un disco di 9″ di diametro rappresentato qui da un circoletto di 9 millimetri, ed una fase analoga a quella della luna la vigilia del primo quarto.

In causa del suo tanto rapido moto, Mercurio sembra giuocar con noi a mosca cieca. Non si mostra che per sparire, brilla un momento la sera al tramonto, si tuffa di bel nuovo nei bagliori solari; poi splende il mattino all'oriente, precedendo il Sole, ritorna verso l'astro fiammeggiante, se ne allontana di nuovo la sera, mostrandosi per tal modo ora stella mattutina ed ora stella vespertina. Questo periodo di oscillazione varia esso stesso fra i 106 e i 130 giorni. Gli antichi avevano a tutta prima creduto all'esistenza di due astri distinti: erano Set e Horus per gli Egizî, Budda e Rauhineya per gli Indiani, Apollo e Mercurio per i Greci. I primi pastori che scoprirono Mercurio nei fuochi del Sole cadente, furono gli antichi Egizî, i quali associavano il cielo a tutte le loro opere.

Set e Horus accompagnavano il Sole come due satelliti, e più tardi, allorchè fu evidente l'identità dei due astri, il sistema astronomico egiziano fece, pel primo, girar Mercurio intorno al Sole, invece di farlo ruotare intorno alla Terra. Noi possediamo delle *osservazioni astronomiche* di questo pianeta, fatte fin dall'anno 265 av. C. dai Caldei, e dall'anno 118 fatte dai Cinesi.

La celerità del suo moto fece dare a Mercurio delle attribuzioni corrispondenti. Gli si posero delle ali ai piedi. Era il messaggiero degli dei. Era anche il dio dei ladri — dei negozianti — e dei medici!... Ma oggi ancora, e botteghe dei farmacisti non son esse decorate del caduceo di Mercurio?

A motivo delle nostro abitudini cittadine, si osservano le stelle la sera piut-

tosto che il mattino. Se i miei lettori desiderano trovar Mercurio, dovranno esaminare attentamente il cielo a ponente, tre quarti d'ora dopo il tramonto del sole, alle seguenti epoche:

1883	16 gennajo	— 13 maggio	— 11 settembre
1884	29 dicembre	— 25 aprile	— 24 agosto
1885	11 dicembre	— 7 aprile	— 6 agosto

Si troveranno le date per gli anni successivi, sottraendo 18 giorni da ciascuna delle ultime. Questi sono i luoghi di mezzo dei periodi delle sue elungazioni della sera; la visibilità si estende per sei giorni prima e dopo queste date medie.

Il pianeta Mercurio è al pari della Terra e della Luna, un globo di materia oscura, che non è visibile e non splende che a motivo della illuminazione solare. Il suo moto intorno all'astro centrale, che lo conduce ora fra il Sole e noi, ora in una direzione obliqua, ora ad angolo retto, e ci mostra una

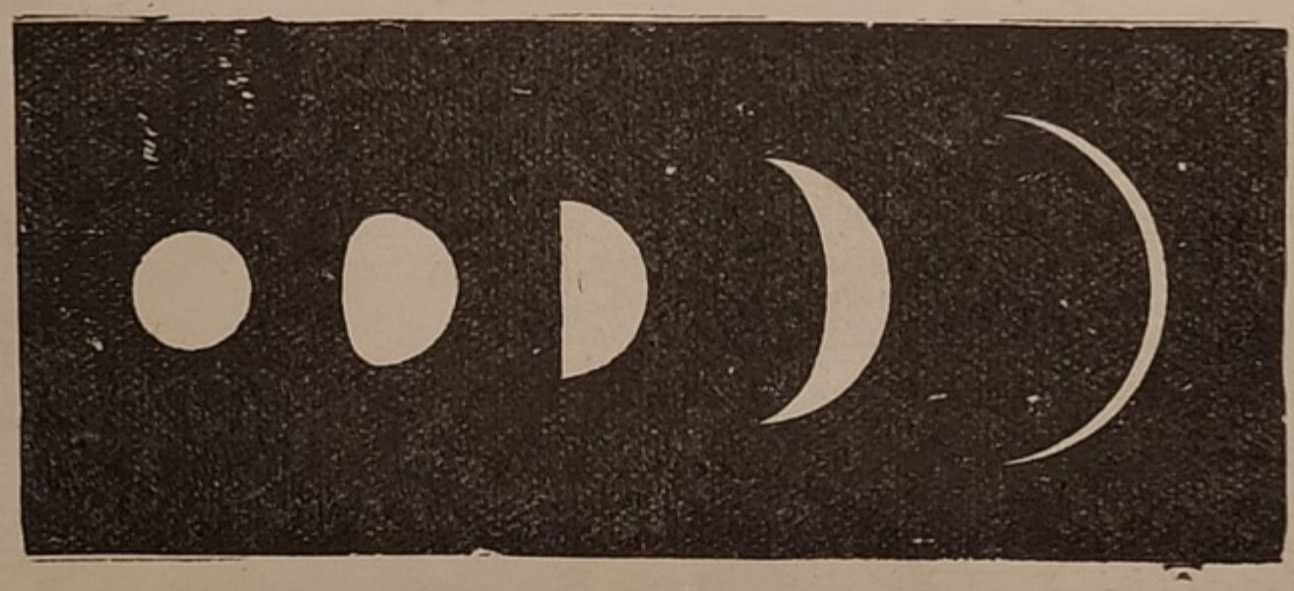


Fig. 199 — Fasi di Mercurio prima della sua congiunzione inferiore (stella vespertina).

porzione continuamente variabile del suo emisfero rischiarato, produce nel suo aspetto, veduto al telescopio, una successione di fasi analoghe a quelle che ci presenta la Luna, e che i nostri lettori si spiegheranno colla massima facilità riferendosi alla spiegazione delle fasi della Luna. La nostra figura 199 rappresenta queste fasi, visibili la sera dopo il tramonto del Sole; allorchè il pianeta giunge alla sua fase minima, esso è nella regione della sua orbita la più vicina alla Terra, passa fra il Sole e noi; poi alcune settimane dopo esso si libera al mattino dai raggi solari, e ripassa in modo inverso per la stessa serie di fasi (quali si vedrebbero capovolgendo la figura).

Queste fasi sono invisibili ad occhio nudo, e della loro assenza erasi fatto un argomento di objezione a Copernico, dicendo che se Mercurio e Venere girassero fra il Sole e la Terra, essi avrebbero dovuto presentare delle fasi come la Luna! — Perfezionate la vostra vista, rispondeva l'illustre astronomo, e le vedrete. Perciò la loro scoperta, nel XVII secolo, fu il colpo di grazia per gli avversarî dell'astronomia moderna.

Se questo pianeta girasse intorno al Sole precisamente nel piano in cui

giriamo noi stessi, esso passerebbe dinanzi al disco raggiante a ciascuna delle sue congiunzioni inferiori, vale a dire tre volte, in media, all'anno. Ma esso si muove invece in un piano inclinato di 7 gradi sull'eclittica, e affinchè passi precisamente dinanzi all'astro diurno, è mestieri che la sua congiunzione abbia luogo nella linea d'intersezione dei due piani, della « linea dei nodi » come abbiamo veduto per le eclissi del Sole e della Luna, e pei passaggi di Venere. Questa combinazione si presenta molto più spesso che per Venere, ed i suoi passaggi sono perciò molto più frequenti; essi ritornano ad intervalli irregolari: 13, 7, 10, 3, 10 e 3 anni. Ecco qui le loro date nel corso di due secoli:

Secolo decimonono		Secolo ventesimo	
1802	9 novembre	1907	12 novembre
1815	12 novembre	1914	6 novembre
1822	5 novembre	1924	7 maggio
1832	5 maggio.	1927	8 novembre
1835	7 novembre	1937	10 maggio
1845	8 maggio	1940	12 novembre
1848	9 novembre	1953	13 novembre
1861	12 novembre	1960	6 novembre
1868	5 novembre	1970	9 maggio
1878	6 maggio	1973	9 novembre
1881	7 novembre	1986	12 novembre
1891	10 maggio	1999	24 novembre
1894	10 novembre		

La figura 200 mostra ciascuno dei passaggi del nostro secolo nella sua forma e grandezza. Il circolo rappresenta il disco del Sole, e le rette che lo attraversano indicano il cammino percorso dal pianeta su di esso in ciascun passaggio.

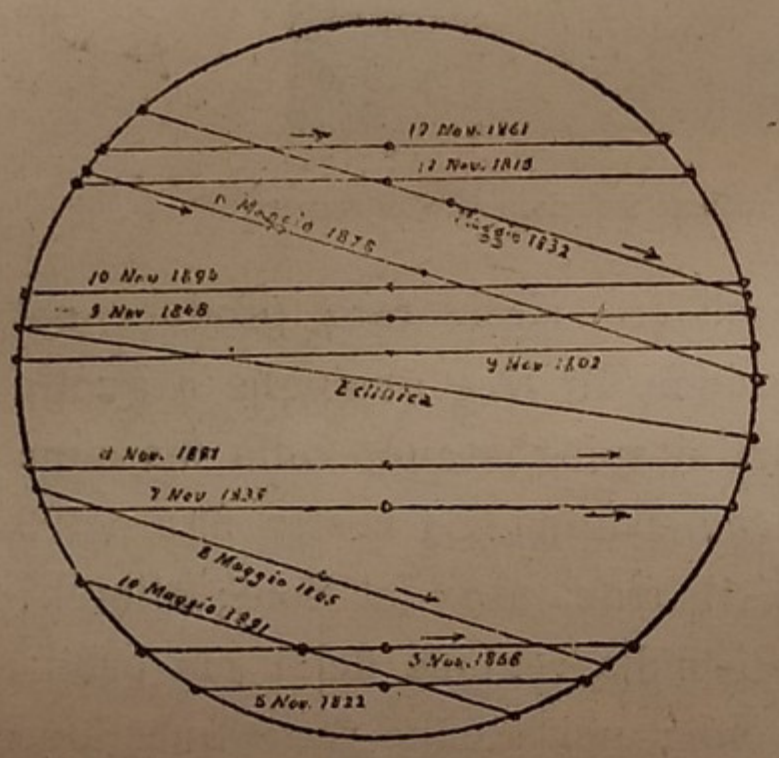


Fig. 200.
I passaggi di Mercurio del XIX secolo.

È facile vedere che tanto la lunghezza come l'inclinazione delle linee differiscono considerevolmente da un passaggio all'altro. Il pianeta entra sempre da sinistra (est) per escire dalla destra (ovest). In mezzo a questa complicazione apparente si può tuttavia facilmente notare un ordine reale: tutti i passaggi che cadono in mesi omonimi sono paralleli fra di loro.

L'ultimo passaggio ebbe luogo il 7 novembre 1881, ma non fu visibile in Francia, ove bisognerà aspettare fino al 10 novembre 1894 per riveder questo spettacolo a Parigi, — se il cielo sarà sereno e puro. — Nel 1868 si potè osservare la fine del passaggio; nel 1878 il cielo fu nuvoloso e anche altrove poco propizio.

Il passaggio del 5 novembre 1868 accadeva al levar del Sole. Era quello uno spettacolo interessantissimo e piuttosto raro anzi che no; perciò gli astro-

Fig. 201. — I primi pastori che scoprirono Mercurio nei fuochi del Sole che tramonta furono quegli antichi Egizi che associavano il cielo a tutte le loro azioni.

nomi trovaronsi innanzi ai loro canocchiali al momento preciso nel quale, secondo i calcoli appositamente fatti, doveva accadere il fenomeno. Ebbi il piacere di osservarlo, quantunque soltanto l'ultima scena di questa rappresentazione astronomica sia stata favorita da un cielo puro. Il pianeta seguì appuntino la corda tracciata nel precedente disegno pel passaggio di quella data; era desso perfettamente rotondo e nerissimo, molto più nero delle macchie solari.

Durante questo passaggio, alcuni astronomi distinsero un punto luminoso sul disco di Mercurio, punto luminoso che era già stato avvertito in parecchi anteriori passaggi (1). Lo si attribuì ad un *vulcano*, e, l'aureola, ad una atmosfera immensa. Sarebbe strano che vi fosse un vulcano acceso sopra Mercurio appunto verso il mezzo dell'emisfero rivolto verso la Terra nei giorni e alle ore dei passaggi di quel pianeta dinanzi al Sole; nè meno strano sarebbe che questo pianeta fosse circondato da un'atmosfera di altezza uguale al terzo del suo diametro; e' sarebbe come se la nostra atmosfera avesse più di 4 mila chilometri di altezza. Si può spiegare il fatto nel modo più semplice coll'ammettere che Mercurio non essendo sul corso smagliante del Sole che un punto minuscolo *invisibile ad occhio nudo*, la difficoltà dell'osservazione in un tale stato di contrasto produca dei fenomeni puramente ottici. Non bisogna imitare quell'astronomo estemporaneo che scambiava una mosca lontana per un elefante che passeggiava sulla Luna! L'occhio umano è soggetto esso pure ad errori, e commette gli « sbagli di impressione ».

Noi possiamo tuttavia notare, a questo proposito, che gli occhi e gli strumenti degli astronomi non commetteranno mai errori così enormi quanto quelli che troppo spesso s'incontrano nelle pubblicazioni anche le più accurate. Per non ricordarne che alcune di passaggio, non si lesse, per esempio, per molti anni nelle opere del poeta elegiaco Gilbert, nel bel mezzo de' suoi

---

(1) Io non l'ho scorto, e però dubitava della sua realtà; ma nell'ultimo passaggio del 1878 fu riveduto e comprovato definitivamente, specialmente dal mio dotto amico il signor De Boë, astronomo belga. Il fatto più curioso si è che, durante i passaggi che accadono nel mese di maggio, quel punto luminoso trovasi a ponente del centro del pianeta, laddove, nelle osservazioni fatte in novembre, fu sempre veduto ad oriente. Non è precisamente nel centro, il che prova non essere un effetto ottico dovuto alla diffrazione. Un'altra osservazione non meno curiosa, è l'aureola da cui il pianeta sembra circondato durante il suo transito sul Sole. Talvolta quest'aureola è più luminosa del Sole stesso e altra volta è di una tinta tirante al violetto. In generale, il primo caso si è presentato nel mese di novembre e il secondo nel mese di maggio. (Il fatto è abbastanza strano. Ho osservato in pallone un effetto analogo: più volte, l'ombra dell'aerostato viaggiante sui prati si mostrò incorniciata da un'aureola luminosa.)

Notiamo ora che all'epoca dei passaggi di maggio, Mercurio si trova alla sua distanza massima dal Sole, mentre in novembre è vicino al suo perielio, vale a dire quasi alla minima distanza. Potrebbe esistere qualche relazione tra questa distanza e la posizione della macchia luminosa e l'aspetto dell'aureola. Senza dubbio l'ardore del Sole, quattro volte e mezzo maggiore più intenso per Mercurio che per noi, quand'esso è al suo afelio, e dieci volte e mezzo più immenso e intenso allorchè trovasi al suo perielio, produce nell'atmosfera di questo pianeta dei fenomeni meteorologici, magnetici ed elettrici affatto diversi da quelli che conosciam sulla Terra.

Ma non affrettiamoci a spiegare dei fatti che possono essere puramente subbiettivi.

patetici addii alla natura, questa frase singolare, che fa la figura più miserevole:

Au *baquet* de la vie infortuné convive!...(1)

E altrove un tipografo poco scrupoloso non ha forse descritto come segue, nel suo giornale, un ricevimento ufficiale del ministro puritano Guizot?

Une foule immense emplissait l'amphitéâtre. L'illustre homme d'État prend place au milieu des *gredins* (in lombardo *barabba*), et est aussitôt accueilli par les plus *vils* (*vili* invece di *vivi*) applaudissements.

Molti ricordano ancora quella società di azionisti, in pericolo di rovina, e che, per lavarsi delle calunnie e delle maldicenze che correvano sul suo conto fece stampare in tutti i giornali l'eccellente *réclame* che segue:

La Compagnie des mines de Z... n'a jamais été aussi prospère; elle vient encore de s'enrichir de trois nouveaux *filons* (ladri, borsajuoli, invece di *filons*, filoni metalliferi).

E questo singolare annunzio della morte di un celebre avvocato:

M... X... a fini par s'éteindre, épuisé, après avoir *braillé* (schiamazzato, invece di *brillé*, da *briller*, risplendere) pendant vingtcinq ans dans le barreau.

Un giorno che un individuo poco o punto conosciuto nella sfera scientifica e letteraria era stato decorato delle palme di ufficiale di un'accademia, un giornale annunciò così la sua nomina:

Par *dérision* (décision) en date du..., etc.

Altro granchio non meno irriverente:

M. le Ministre de la guerre est *risible* (visibile) trois fois par semaine.

E questa che annuncia la convalescenza di un personaggio politico:

Notre digne député était au bout de ses *farces* (buffonerie, per *forces*, forze), mais l'appetit commence a revenir, et à l'aide de bons *foins* (invece di *soins*, cure) on espère le ramener à sa florissante santé.

Ma v'ha di meglio ancora. In una bella edizione del *Livre d'heures* del signor Affre, arcivescovo di Parigi, e nella parte del testo che si riferisce all'ordinario della messa, invece delle parole: « Ici le prêtre ôte sa calotte » il compositore aveva messo: « Ici le prêtre ôte sa culotte » (*calotte* vale berretta e *culotte* calzoni). L'edizione fu stampata tutta per intiero con quel granchio madornale.

In tutti questi casi ed in molti altri ancora, che sarebbe facile citare a centinaja, gli occhî del compositore, del correttore, dell'autore e dell'editore, hanno certamente molto più travisto che giammai alcun astronomo al suo telescopio. Distrazioni tipografiche consimili hanno ben anco tratto seco tal-

---

(1) L'errore non si può intendere che da chi conosca il francese; questi capirà che invece di *baquet* doveva essere scritto *banquet*, banchetto. Non si può rendere l'errore in italiano, giacchè *baquet* suona tinozza, recipiente simile a quelli in cui suolsi dare il cibo ai porci dai nostri contadini, e che dicesi *truogolo*.

volta delle conseguenze tragicomiche. I dilettanti di curiosità bibliografiche si ricordano ancora che in un trattato di Storia naturale, del resto abbastanza nojoso, nelle prime pagine si leggeva: « L' auteur est de la famille des buses. » Traduzione: L'autore è della famiglia degli allocchi; mentre il testo diceva l'*autour* (il falco). Lo scrittore, di un carattere, alquanto suscettibile, credette l'errore effetto di malignità, e mandò i suoi testimoni allo stampatore!... Ma torniamo a Mercurio e riassumiamo le nozioni che si sono potute ottenere sulla sua costituzione fisica e la sua natura come mondo planetario.

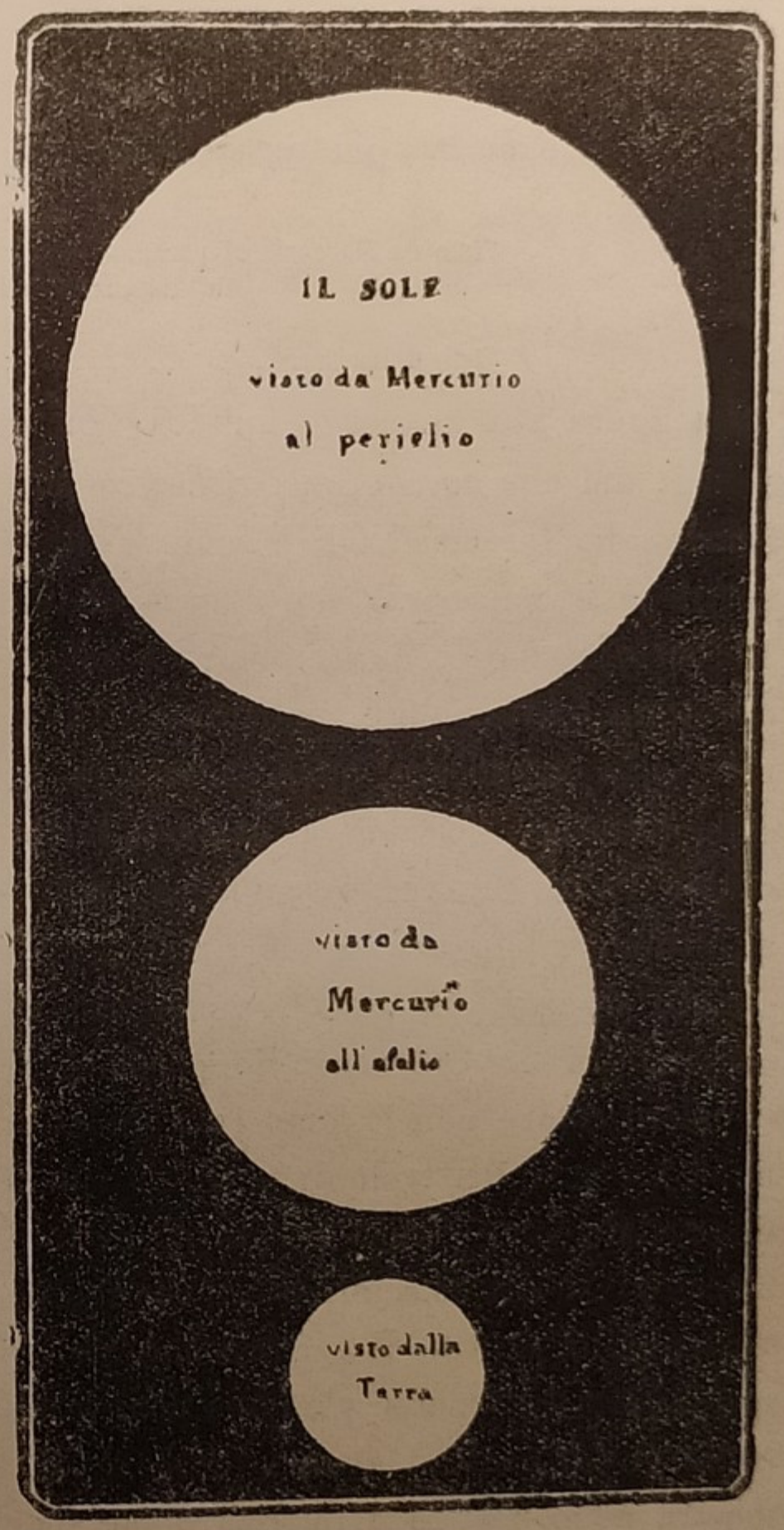


Fig. 202. — Il Sole visto da Mercurio.

Abbiamo già veduto che la sua rivoluzione intorno al Sole si compie in 88 giorni circa. Il suo anno è esattamente di 87 giorni e 97 centesimi di giorno, ossia di 2 mesi, 27 giorni, 23 ore, 15 minuti e 46 secondi. È meno di tre dei nostri mesi. Gli abitanti di questo pianeta misurano dunque la loro vita per anni, quattro volte più rapidi dei nostri. Un centenario di Mercurio non vive che ventiquattro dei nostri anni; o, per dire diversamente, un giovinotto di ventiquattro anni sarebbe un centenario sopra Mercurio. Se la biologia vi è regolata come sul nostro mondo, le impressioni vi debbono essere più rapidi e più vivaci, gli atti vitali vi si debbono compiere con una grande celerità, vi si diventa adolescenti nel breve corso di cinque anni terrestri, maturi in dodici anni, vecchî in venti anni terrestri. Inoltre la luce e il calor solare, essendo colà molto più intensi che da noi, essi debbono produrre degli effetti meteorologici straordinarî in quelle rapide stagioni, ognuna delle quali non dura che ventidue giorni. L'asse del pianeta è molto più inclinato del nostro, giacchè tale inclinazione sembra essere di 70 gradi (la misura esatta è difficile a motivo della vicinanza del Sole), di guisa che con così

brevi stagioni deve esservi un contrasto enorme fra l'estate e l'inverno. Ma non è tutto ancora. Abbiam visto che l'orbita percorsa dal pianeta è allungata, e che questo è di quasi sei milioni di leghe più vicino al Sole al perielio che all'afelio: sei milioni sopra quattordici di distanza media! All'afelio, l'astro diurno presenta a quegli indigeni incogniti un disco quattro volte e mezzo più grande di quello che vediam noi, e 44 giorni dopo, al perielio, quel disco enorme si è ancora ingrandito fino a mostrarsi dieci volte e mezzo più ampio, mentre versa dal cielo infuocato un torrente di luce e di calore dieci volte e mezzo più intensi. La proporzione dei diametri del Sole è la seguente:

Visto da Mercurio al perielio	401'
» alla distanza media	83'
» all'afelio	67'
Visto dalla Terra	32'

La figura 202 ne porge un'idea. Noi ci lagniamo qualche volta dell'ardore solare, ma che cosa è questo nostro povero luminare accanto all'abbagliante fornace di Mercurio! Gli è come se dieci Soli dardeggiassero insieme sulle nostre teste i loro raggi nel mese di luglio a mezzodì. — Se gli abitanti di Mercurio hanno creduto al par di noi che quell'astro girasse intorno ad essi, dovettero trovarsi ben imbarazzati a spiegare quelle variazioni periodiche nella sua grandezza, quel successivo ingrossarsi e smagrirsi. Al postutto, colla rettorica si viene a capo di tutto! Due avvocati che sostengono l'uno contro l'altro due cause contrarie, non sanno forse di difendere il falso con altrettanta eloquenza che il vero?

Ecco dunque un mondo governato meteorologicamente da due specie di stagioni tra loro differenti. Sopporta esso realmente così fatti estremi? Sì, se il calore solare non è temperato da una sufficiente atmosfera. Uno strato di nubi, un semplice velo di profumi può opporsi all'irraggiamento. L'atmosfera mercuriale può essere costituita in tal guisa da guarentire il pianeta e da armonizzare gli estremi. Questa atmosfera sembra molto più densa e più nuvolosa della nostra. Il cerchio che delimita le fasi di Mercurio non è reciso, ma diffuso e sfumato; v'ha una penombra atmosferica. L'estensione delle fasi conduce del pari ad ammettere l'esistenza di un'atmosfera. L'analisi spettrale mostra nello spettro di questo pianeta delle righe di assorbimento comprovanti esistere colà un inviluppo gasoso più denso del nostro. Qualunque sia quest'atmosfera, è tuttavia probabile che la temperatura media di Mercurio sia più elevata di quella della Terra, e che un abitante di quel pianeta gelerebbe in Africa od al Senegal.

L'osservazione attenta del lembo lo mostra irregolare, ciò che prova che la superficie del pianeta, lungi dall'essere uniforme, è variata da enormi rilievi, elevantisi alla 253ª parte del diametro di quel globo. Ora, quest'ultimo, molto

più piccolo del terrestre (è il più piccolo degli otto pianeti principali), sta a quello del nostro mondo nel rapporto di 376 a 1000, e non misura che 4800 chilometri. Gli altipiani delle Cordigliere di Mercurio debbono sorgere fino a 19 000 metri! Osservando il ritorno periodico delle stesse irregolarità, Schrœter ha trovato che la durata della rotazione del pianeta è di 24 ore, 5 minuti. Questa misura avrebbe d'uopo di una nuova verificazione. È probabile, in tutti casi, che la durata del giorno e della notte sia press'a poco la stessa là che qui.

La Terra ha una depressione polare di $\frac{1}{300}$. Mercurio può avere la stessa figura, ma la proporzione è tanto debole, che si rende insensibile ai migliori istrumenti.

Il diametro di Mercurio non è che 38 centesimi di quello del nostro globo, come vedemmo già (pag. 260). Questo diametro effettivo si calcola in base al diametro apparente combinato colla distanza. Abbiamo visto, a proposito dei passaggi di Venere, che le conclusioni relative alla parallasse solare, dànno la cifra 17″ 72 pel diametro della Terra visto dal Sole. Si riferiscono a quest'unità i diametri di tutti i pianeti supponendoli tutti veduti alla medesima distanza. Ecco questi diametri angolari:

Mercurio	6″,70
Venere	16,90
La Terra	17,72
La Luna	4,84
Marte	9,57
Giove	197,75
Saturno	168,82
Urano	74,82
Nettuno	78,10

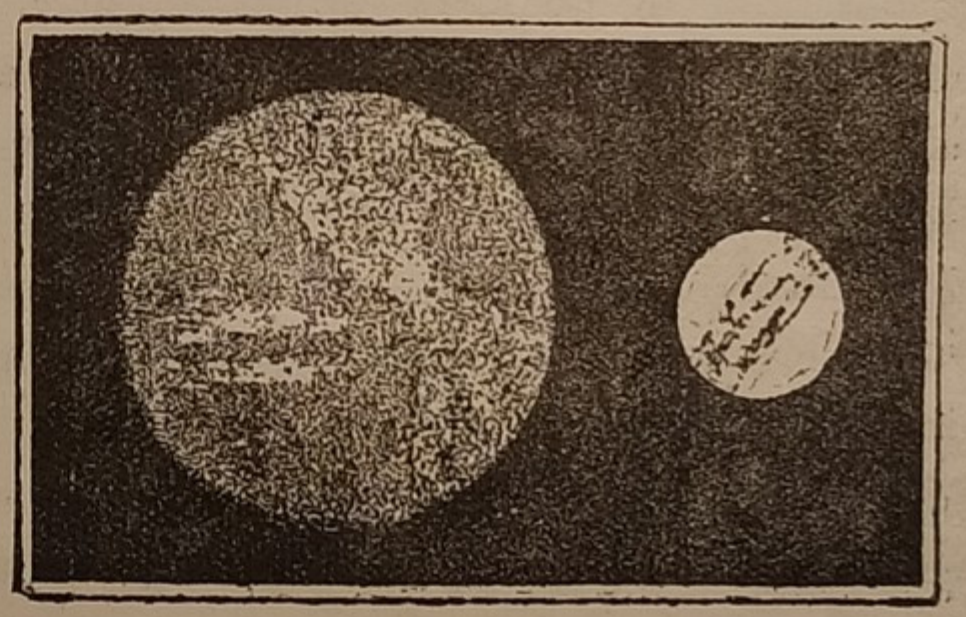


Fig. 203.
Grandezza comparate della Terra e di Mercurio.

In base a questi numeri furono calcolate le tabelle delle pag. 260, e 261. Ne deduciamo che il volume di Mercurio non è che di cinque centesimi di quello del nostro globo, e che la sua massa non è che di sette centesimi, e che la sua densità è per conseguenza un po' maggiore di quella dei materiali costituenti il globo che noi abitiamo: rappresentando la densità terrestre con 1000, quella di Mercurio è espressa dalla cifra 1376. È la densità la più elevata di tutto il sistema solare. Ma, come abbiam visto molto più indietro (pag. 143) l'intensità della gravità alla superficie di questa prima provincia dell'arcipelago planetario è quasi della metà più debole che da noi (= 0,521); un oggetto che cade non vi scende che di 2^m,55 nel primo secondo di caduta (ricordisi il lettore della torre a pag. 141). Pertanto, benchè gli esseri e le cose che esistono su quel globo sieno di un terzo *più densi* dei nostri, essi però pesano *quasi la metà meno*.

Finora non si è trovato nessun satellite di Mercurio.

Tali sono le notizie positive che possediamo attualmente intorno al primo

pianeta del sistema. Non vogliosi disconoscere le rassomiglianze del pari che le differenze ch'esso presenta con quello che noi abitiamo. In quanto alle congetture ch'esse possono suggerire circa la natura dell'umanità che lo popola, non è qui il luogo di farne parola, nè di entrare nelle relative considerazioni filosofiche. Qualunque siano, *gli abitanti di Mercurio furono organizzati dietro le speciali condizioni della loro patria.* Colà gli occhî sono costrutti in modo da poter tollerare una luce intensa da cui noi saremmo accecati, il sangue è tale da circolare agevolmente sotto un calore torrido, i muscoli capaci di muovere i corpi di ferro dotati di un'estrema leggerezza. È dunque probabile che, essendosi la vita formata e sviluppata su questo pianeta in condizioni affatto diverse da quelle che presiederono alle evoluzioni della vita terrestre, l'ultima specie animale, vale a dire la specie umana, ultimo ramo dell'albero zoologico, non ci rassomigli perfettamente nè per la forma, nè per la statura, nè per l'adattamento alle condizioni della natura esterna. La potente e feconda energia del Sole dovette sviluppare su quest'isola tropicale un'opera incomparabilmente più ricca di quella della natura terrestre, che non è che una zona polare rispetto a Mercurio. Il divin raggio del Sole si diffonde in fiotti d'oro; la porpora più splendida colora le squarciate nubi, l'elettrico circola in tutti gli esseri e la vita pullula nell'atmosfera inondata di luce e di calore...

Gli abitanti di Mercurio ci veggono splendere a mezzanotte nel loro cielo come una splendida stella di prima grandezza! (1) Venere e la Terra sono i due astri più splendidi delle loro notti stellate. La Terra e la Luna sono per essi una stella doppia. Se possiedono strumenti abbastanza forti, hanno forse già intrapreso il disegno della carta geografica del nostro pianeta, — a meno che i loro principî religiosi e politici non affermino che Mercurio è il solo mondo abitato e non vietino loro il libero esame del cielo. — Gli abitanti di ciascun pianeta hanno dovuto, in sulle prime, credersi al centro dell'universo, giacchè non si accorgono del proprio movimento a guisa che i Terrestri non si accorgono del moto della Terra, e, come i nostri Chinesi, dichiarano di occupare « l'impero del centro », dacchè il resto dell'universo è superfluo od occupato da barbari. L'Astronomia sola può togliere la volgare illusione e condurre il contemplatore sulle alture della Verità.

---

(1) Se veduto dalla Terra Mercurio presenta un diametro apparente di 9'', essendo quella di un diametro quasi triplo, deve offrire agli abitanti di Mercurio un'ampiezza di disco sensibile, cioè di 27''; ciò che e più che un punto, sotto cui appajono le stelle anche di 1ª grandezza.

IL TRAD.

CAPITOLO III.

Il pianeta Venere. — La stella del Pastore.

♀

Due mondi gravitano fra la Terra e il Sole: il primo è Mercurio, sul quale abbiamo già testè fermata la nostra attenzione, il secondo è Venere al quale arriviamo in questo istante. Il primo circola a 14 milioni di leghe dal Sole, il secondo a 26, la Terra a 37; queste notizie ci sono già famigliari, e conosciamo anche il piano del sistema del mondo al paro della Carta di Francia o di Europa. Era quella infatti la prima nozione da procurarsi per viaggiare con profitto attraverso il Cielo. S'incontrano spesso dei viaggiatori che percorrono la Francia, la Svizzera, l'Italia, senza Carte, che viaggiano cioè senza sapere dove vanno, e che non sanno mai dove si trovano: essi scemano a sè stessi di metà almeno il loro piacere e la loro istruzione. È ben vero che s'incontrano anche dei sedicenti amanti delle arti, i quali hanno un singolar modo di viaggiare; informi quel *turista* che uscendo dal Museo del Louvre, esprimeva così la sua ammirazione: « Ah! caro mio, che superbo Museo! Figurati che ci ho impiegato più di un'ora a visitarlo... e tu sai se cammino lesto! »

Non è a questo modo che noi procediamo nella nostra istruzione astronomica. Il *metodo* nello studio non è meno importante, in quanto prepara il nostro intelletto a ricevere successivamente e agevolmente tutti i dati acquistati dalla scienza, a classificarli logicamente ed a registrarli ciascuno a suo luogo, come i pezzi d'un mosaico formato dalla natura stessa. Il problema più difficile, se è ben posto e intavolato, è già a metà risoluto.

Noi giungiamo dunque al secondo pianeta del sistema solare. — Sarebbe superfluo di tracciarne l'orbita, dacchè l'abbiamo già due volte avuta sotto occhio, prima sul piano generale del sistema (pag. 278), poi a proposito dei passaggi di Venere fra la Terra e il Sole (pag. 279). Quello che abbiamo detto circa i movimenti di Mercurio si applica anche a quelli di Venere, ma sopra una scala più ampia. Siccome l'orbita di Venere comprende quella di Mercurio, quel pianeta si scosta dal Sole molto di più: esso può allontanarsene

1265

fino a 48 gradi, e ritardare la sera, o anticipare al mattino più di quattro ore, rispetto al Sole. Ma non può discostarsene maggiormente, e per conseguenza esso è, al paro di Mercurio, una stella del mattino e della sera.

Girando intorno al Sole in 224 giorni, Venere ha il suo moto combinato col nostro, in guisa che passa alla sua congiunzione inferiore, fra il Sole e noi, ogni 584 giorni; ma il piano in cui si muove è inclinato di 3° 23' su quello dell'eclittica, di modo che i passaggi precisi sul disco solare non accadono che alle epoche più indietro segnate. Allorchè Venere giunge alle sue maggiori elungazioni dal Sole, brilla la sera all'occidente, poi il mattino all'oriente, di uno splendore così vivo da eclissare quello di tutte le stelle. Essa è, senza dubbio, il più magnifico astro del nostro cielo. La sua luce è tanto intensa da portar ombra. Talvolta si fa strada attraverso l'azzurro del cielo e splende anche di pieno giorno. Fino dai tempi antichi, Enea, nel viaggio da Troja in Italia, la vide splendere per più giorni sopra il suo capo e, nei tempi moderni, nel 1797, il generale Bonaparte, reduce dalla conquista d'Italia, era accompagnato dal celeste diamante sul quale tutti i Parigini portavano i loro sguardi. Il gran capitano era un po' superstizioso, un po' fatalista, come il maggior numero dei guerrieri: si credette per lungo tempo protetto da una stella. Lungi d'aver delle idee larghe e generiche, ei riferiva tutto alla sua persona e alla sua sfera; ognuno sa com'ei negasse la potenza del vapore e rifiutasse le offerte di Fulton. Una sera se ne stava appoggiato ad una finestra del palazzo delle Tuileries, e pareva assorto in una indefinita meditazione guardando fissamente un punto del cielo stellato, quando volgendosi a un tratto verso suo zio, il cardinale Fesch: « La vedete, disse, quella è la mia stella! Essa non mi ha mai abbandonato... » Chi sa! quella bella stella era forse invece Sirio, la più rilucente del cielo meridionale e dell'intero firmamento, che gli indicava le latitudini di Sant'Elena e della terra dei Zulù! O dinastie, che vi credete fondate sull'eternità, e che non vivete un solo nemmeno degli anni di Urano o di Nettuno!...

Il massimo di visibilità di Venere coincide colla sua fase maggiore, colla sua massima distanza dal Sole, ed è favorito dalla purezza della nostra atmosfera. A questo riguardo sono stati notevoli gli anni 1716, 1750, 1797, 1849, 1857.

La splendida Venere fu certamente il primo pianeta avvertito dagli antichi, sia a motivo del suo splendore, sia pel suo rapido moto. Appena il Sole è tramontato, essa scintilla nel crepuscolo; di sera in sera s' allontana dallo occidente ed aumenta di splendore; durante parecchî mesi, regna sovrana dei cieli, poi s'immerge negli splendori solari e scompare. Essa fu la stella della sera per eccellenza, la stella del pastore, la stella delle dolci confidenze. Era la prima delle celesti beltà, e i nomi di cui fu insignita corrispondono alla impressione diretta che ha prodotto sullo spirito contemplativo. Omero la

chiama « Callistos » *la Bella;* Cicerone la denomina *Vesper*, l'astro della sera, e *Lucifer*, l'astro del mattino, nome dato del pari nella Bibbia e nelle mitologie antiche al capo delle legioni celesti. Essa è la più antica e la più popolare delle antiche divinità. Fino dalle primitive età, l'ora in cui s'accende il suo limpido raggio era attesa dalla fidanzata, la quale associava il vago pianeta ai più dolci sentimenti del suo cuore. Di quanti giuri eterni ma effimeri (*la donna è mobile*... con quel che segue), non fu mai testimone questa bianca stella in mezzo al silenzio delle tiepide sere primaverili, quando l'ultima nota dell'uccelletto vibra aleggiando tra le frondi della foresta, e i carezzevoli aliti dell'atmosfera ondeggiano lenemente nell'ultimo raggio del crepuscolo!...

La più antica *osservazione* astronomica di Venere, che noi abbiamo, è una osservazione babilonese dell' anno 685 av. C. È scritta sopra un mattone e si conserva nel Museo britannico.

Fig. 204. — Venere il 16 agosto 1879.

Durante molti secoli si prestò fede alla esistenza dei due pianeti, e se ne fecero due divinità. Ma allorchè l'osservazione mostrò che Lucifero e Vespero non sono mai visibili contemporaneamente, che l' astro del mattino non appare se non quando è scomparso quello della sera, si giunse a persuadersi che, in conclusione, non v'era che un solo e medesimo astro. Chiunque può rendersi conto facilmente di queste successive apparizioni ed osservarle con compiacenza.

Tutti gli anni io fo alcune osservazioni del pianeta all'epoca della sua massima appariscenza. La figura 204 riproduce l'ultimo disegno che ne ho fatto il 16 d'agosto 1879. Venere presentava allora un diametro di 37″ (rappresentato da 37 millimetri).

Venere alla stessa guisa di Mercurio, riproduce delle fasi corrispondenti alle posizioni che occupa intorno al Sole rispetto a noi. Queste fasi presentano un interesse affatto speciale ai nuovi iniziati negli studî astronomici. Un canocchiale di forza mediocre basta per poterle discernere. Allorchè si osservano è facile subire l'effetto di una illusione ottica perfettamente spiegabile, la quale fa credere di aver dinanzi agli occhî la Luna. Qualche volta ho persino avuto molta difficoltà a dissuaderne certe persone che ne erano intimamente convinte, e non ci voleva meno dell'assoluta assenza della Luna

dal cielo per dimostrar loro che l'astro visibile nel campo del canocchiale non poteva essere il nostro satellite. Le ore più propizie per esaminar Venere in un cannocchiale sono le diurne. Durante la notte, l'irradiazione cagionata dalla smagliante luce di questo bel pianeta impedisce che si discernano nettamente i contorni delle fasi.

La figura 205 che si spiega da sè medesima, mostra l'ordine di queste fasi: mentre la figura 206 mostra la grandezza relativa delle quattro fasi principali. Allorchè Venere occupa quella regione della sua orbita che rispetto a noi trovasi dietro al Sole, e che dicesi luogo della congiunzione superiore, essa si trova alla sua maggior distanza da noi e si presenta con un disco di 9 secondi e mezzo di diametro, rappresentato sul nostro disegno da 9 millimetri e $\frac{1}{2}$. Essa viaggia insensibilmente alla nostra volta, e quando passa

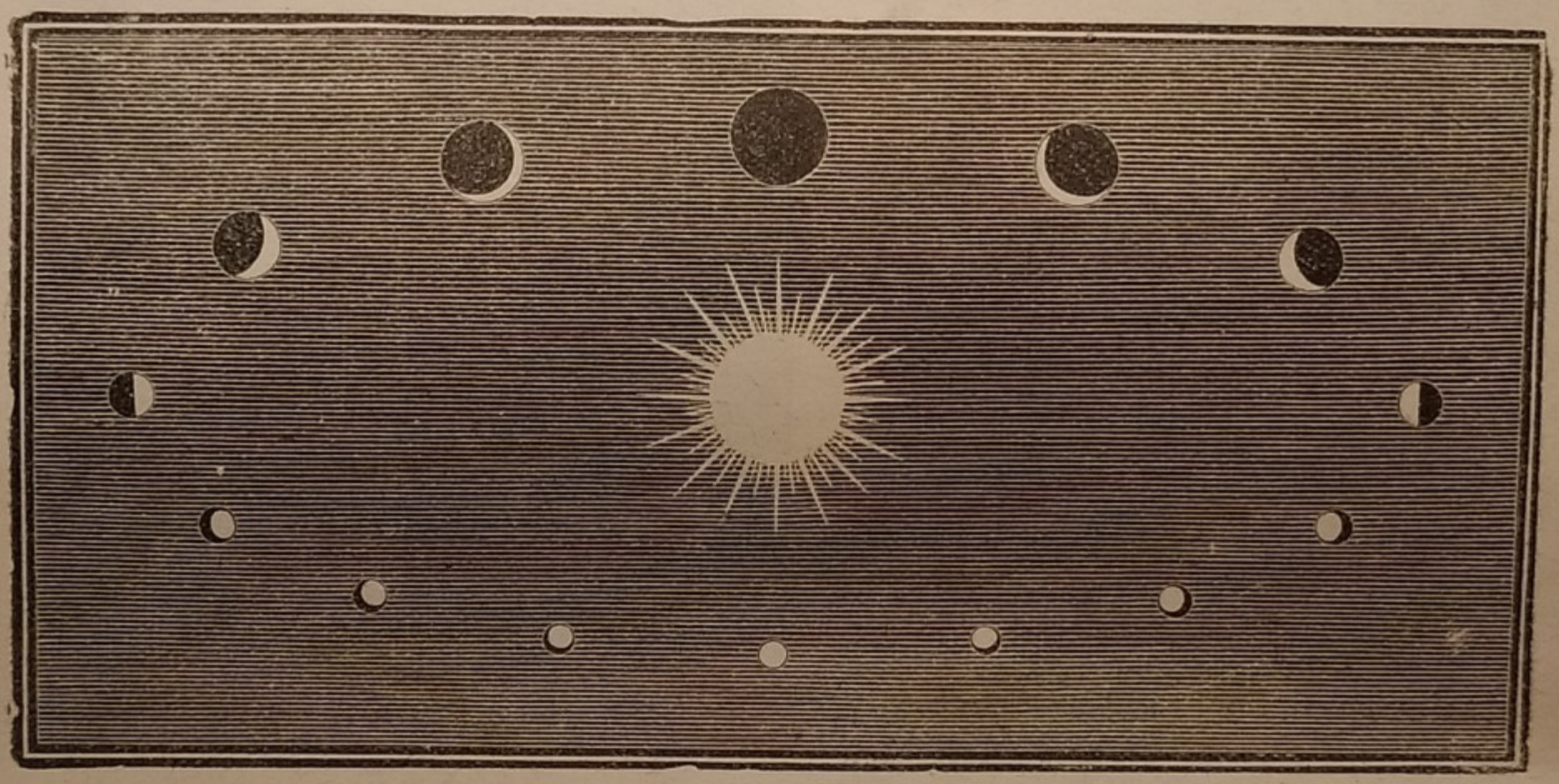


Fig. 205. — Ordine delle fasi di Venere.

in quadratura, alla sua distanza media, ci offre l'aspetto di una mezzaluna. Essa acquista tosto il suo massimo splendore, all'epoca in cui brilla ad una distanza di 39 gradi dal Sole, e presenta la terza fase, 69 giorni prima della sua congiunzione inferiore. Il suo diametro apparente è allora di 40 secondi, e la larghezza della sua parte illuminata è appena di 10 secondi. In questa posizione non si vede che un quarto del disco illuminato; ma questo quarto emette più luce che le fasi più complete. Finalmente, quando arriva nella regione della sua orbita più vicina alla Terra, non ci offre più che una falce esiguissima, poichè allora si trova fra il Sole e noi e non ci presenta, per così dire, che il suo emisfero oscuro: è questa la posizione in cui la sua dimensione apparente è la più grande, e misura allora 62 secondi di diametro: che noi abbiamo rappresentato con un diametro di 62 millimetri. Essa si

projetta allora nel cielo quasi contro al Sole, e non tarda a sparire nelle sue irradiazioni. Alcune volte, come abbiamo detto, passa precisamente tra il Sole e noi, e sembra ancora alquanto più grande (63 o 64 secondi), ma allora è un disco assolutamente nero, e propriamente parlando, non è più un astro. Dopo esser passata per la sua congiunzione inferiore, le fasi si riproducono in ordine inverso.

Le fasi di Venere sono state vedute la prima volta da Galileo, verso la fine di settembre del 1610. Ma la sua osservazione non gli parve immediatamente sicura e incontestabile. Per avere il tempo di verificare questa sco-

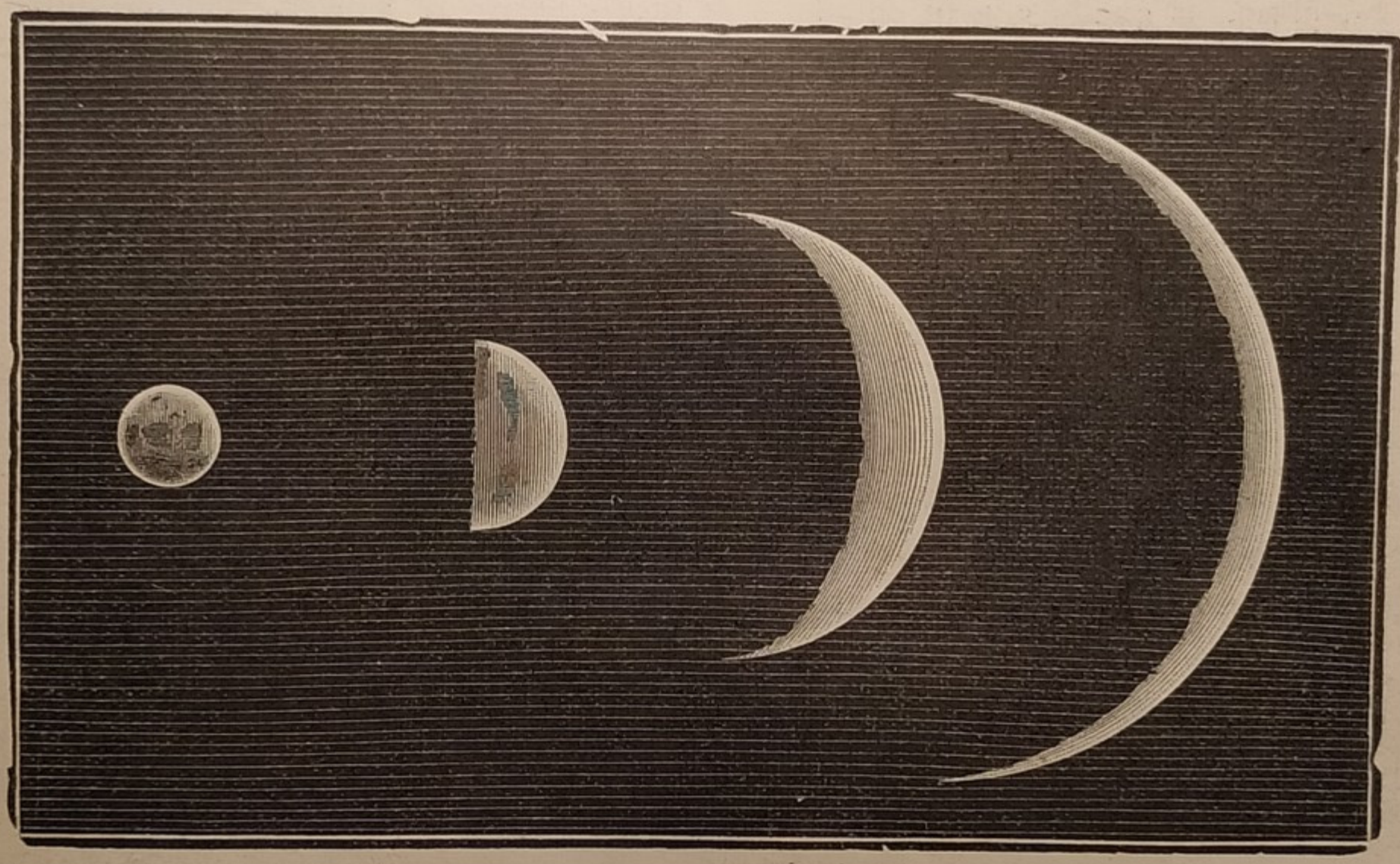


Fig. 206. — Grandezze comparate delle quattro fasi principali di Venere.

perta, senza correr rischio di vedersela rapita, l'illustre osservatore la nascose nel seguente anagramma:

Hæc immatura a me iam frustra leguntur o. y.

« Queste cose, anco immature, ancor nascoste altrui, sono lette da me. »

Dando un'altra disposizione alle 34 lettere di questa frase latina se ne formano queste parole molto categoriche:

Cinthiæ figuras emulatur mater amorum.

« La madre degli amori (Venere) imita le fasi di Diana. »

Frase esplicita che non conserva più l'incertezza della prima, ed afferma nettamente l'esistenza di queste fasi. Ma chi avrebbe potuto scomporre il primo enigma, in modo da indovinarne il vero senso?

Galileo era dotato di non comune acume. Il 5 novembre 1610, il padre

Castelli chiedeva al celebre filosofo fiorentino se Venere e Marte non presentassero delle fasi. Galileo rispondeva « che v' erano di molte ricerche a fare nel cielo; ma che, stante il cattivo stato della sua salute, trovava molto miglior cosa lo starsene nel suo letto. » Soltanto ai 30 di dicembre annunciò aver levato il velo a Venere.

La scoperta di queste fasi, che presentano, nel loro complesso, esattamente le stesse circostanze di quelle della Luna, ha rovesciato una delle più gravi objezioni che eransi sollevate contro il sistema di Copernico (1).

Qualche volta si osserva nella concavità della falce di Venere il rimanente del disco. È quello che fu chiamato la luce cinerea di Venere, benchè non vi sia satellite per produrla. Mi sembra che questa visibilità, piuttosto soggettiva che objettiva, venga dalle nuvole del pianeta, le quali imbiancano il suo disco e riflettono con incerto bagliore la luce stellare diffusa nello spazio; l' occhio prolunga istintivamente il contorno della falce e indovina il resto più che vederlo. Del resto, alcune aurore polari possono qualche volta infiammare durante la notte il cielo ardente di Venere, e le nubi possono emettere una certa fosforescenza, come si osserva talune volte da noi, nelle sere di aprile e maggio.

La rivoluzione di Venere intorno al Sole si effettua lungo un'orbita quasi esattamente circolare e senza sensibile eccentricità (0,0068) in un periodo di 224 giorni, 16 ore, 49 minuti, 8 secondi. Tale è l'anno del calendario di questo mondo nostro vicino. Esso è dunque di circa sette mesi e mezzo. Ai tempi di Copernico lo si credeva ancora di nove mesi, come si è veduto sul disegno del libro stesso di Copernico, riprodotto più indietro (pag. 403). Allorchè noi contiamo cento anni, gli abitanti di Venere ne hanno contati 162 e quelli di Mercurio 415! Sopra mondi siffatti gli anni passano ancor più rapidamente di qui; le signore che già si dolgono della rapidità del calendario terrestre, debbono essere colà disperate affatto. L'Ariosto imaginava che tutto ciò che quaggiù si rimpiange se ne va nella Luna, e che ivi si trova tutto ciò che qui andò perduto. Non è certamente in Mercurio, nè in Venere, che le regine dell'amabil sesso debbono andare a reincarnarsi, ne

---

(1) Alcune persone di vista eccellente hanno scorto queste fasi ad occhio nudo. Nel 1868 specialmente, il pianeta trovandosi nelle migliori condizioni per essere osservato, ho ricevuto parecchi rapporti in proposito. Il fatto, quantunque rarissimo, è certo, ed è tanto più degno di nota in quanto che anteriormente alla scoperta di Galileo, nessun osservatore del cielo aveva avuto sospetto di queste fasi, la cui essenza era precisamente un'arme contro il sistema di Copernico. È però possibile che sieno state vedute, ma che nell'ignoranza generale della loro esistenza, siasi attribuita la figura osservata a qualche illusione di ottica. Non è, infatti, contestabile esser molto più facile vedere una cosa che si sa che esiste, o sulla quale è in ispecial modo chiamata l'attenzione, che vedere lo stesso oggetto nelle circostanze ordinarie e indifferenti. Così, per esempio, dopo la scoperta dei satelliti di Marte, un gran numero di osservatori sono giunti a distinguerli con strumenti coi quali essi avevano spesse volte osservato Marte senza nemmeno sospettare la loro esistenza.

senza dubbio vi si potrebbe fare la seconda edizione della storia dei calessini di Luigi XV (1).

I giorni di Venere sono del pari un po' più rapidi dei nostri, ma ben di poco. Fin dall'anno 1666, l'attenta osservazione del pianeta aveva condotto Cassini a conchiudere ch'esso ruota sopra sè stesso in 23 ore e 15 minuti. Tale osservazione è estremamente difficile a motivo dello splendore del pianeta e della debole appariscenza delle irregolarità avvertite sul suo disco. Le osservazioni di Bianchini nel 1726 conducono alla cifra di 23 ore e 22 minuti. Quelle di Schrœter sul finire del secolo scorso dànno 23^h 21^m. Questo periodo è stato definitivamente determinato nel 1841 a Roma dal De Vico, e fissato in

23 ore, 21 minuti, 24 secondi.

È assai curiosa questa rassomiglianza colla rotazione della Terra.

L'anno di questo mondo componendosi di 224 giorni terrestri, ne conta per conseguenza 231 dei proprî, poichè il giorno è un poco più breve colà che qui.

Queste stesse osservazioni mostrano che l'asse di rotazione di questo pianeta è molto più inclinato del nostro e che questa inclinazione è di 55 gradi. Ne risulta che le stagioni, benchè non durino ciascuna che 56 giorni pei nostri, o 58 giorni de' suoi, sono molto più intense su quel mondo che sul nostro. Vi si passa senza transizione dagli ardori dell'estate alle brine invernali.

Abbiam più sopra veduto che, se si dà fede alle tradizioni, di cui l'autore del *Paradiso perduto* (Milton) si è fatto l'eco poetica, l'inclinazione dell'asse del nostro pianeta sarebbe accaduta dopo la colpa di Adamo « per opera degli angeli scesi in nome della collera divina a punire la disobbedienza dei nostri progenitori... » Dio era sovranamente giusto, e il castigo dovette essere proporzionale alla colpa. Bisogna credere che sul mondo di Venere la prima coppia umana abbia commesso un peccato di gran lunga più grave, e che su quella terra celeste, vicina alla nostra, il primo uomo e la prima donna trascendessero molto al di là dei limiti scusabili, poichè l'asse del loro mondo è stato piegato di un angolo maggiore del doppio di quello della dimora di Adamo ed Eva. Ne consegue che quel soggiorno è lontano dall'essere calmo e tran-

---

(1) I calessini erano appena venuti di moda, e il *bon ton* voleva che le signore conducessero in persona il proprio veicolo. Che confusione! Le mani più belle erano spesso le più inabili, e gli accidenti divenivano ogni dì più frequenti. Il re chiamò il prefetto di polizia e lo pregò di vegliare alla sicurezza dei passeggieri.

— Lo farò ben volentieri, sire. Ma volete che gli accidenti scompajano del tutto?

— Perbacco!

— Lasciate fare a me.

Il dì seguente venne pubblicata un'ordinanza colla quale si vietava a qualunque signora di condurre in persona il suo calessino, a meno che non presentasse alcune garanzie di prudenza e di maturo senno: che avesse, per esempio, l'età della ragione, cioè *trent'anni*.

Due giorni dopo, nessun calessino passava più per le vie condotto da una signora. Non v'era, in tutta Parigi, una figlia d'Eva che avesse abbastanza coraggio civile per affermare decisamente il suo trentesimo carnevale.

quillo, dacchè passa alternativamente per gli estremi del caldo e del freddo, per tutte le alternative della passione più disordinata.

L'inclinazione dell'asse di Venere, essendo più del doppio di quella dell'asse terrestre, non abbiamo che a prendere un globo terrestre ed inclinarlo della stessa quantità per renderci conto dei climi e delle stagioni che ne risultano. È facile vedere che la zona torrida si estende, in questo caso, fino alla zona glaciale ed anche oltre, e che reciprocamente la zona glaciale si estende fino alla torrida e tanto ancora al di là, da più non lasciar posto alla zona temperata. Non v'ha dunque alcun clima temperato alla superficie di Venere, ma tutte le sue latitudini sono a volta a volta tropicali ed artiche.

Ora, sotto i tropici, il Sole, due volte l'anno, manda i suoi raggi perpendicolarmente sulle teste di quegli abitanti, laddove, nelle regioni artiche, vi sono giorni in cui l'astro luminoso non sorge affatto nè tramonta. Quali non debbono dunque essere le vicissitudini di contrade che sono alternativamente artiche e tropicali? Ad una certa epoca dell'anno il Sole sta alcuni giorni senza levarsi; in un'altra sta alcuni giorni senza tramontare, e, fra le due stagioni, domina verticalmente sopra la testa. Il contrasto fra la temperatura glaciale della stagione priva di Sole, e i calori ardenti di quella in cui il Sole di Venere *due volte più grande e più caldo del nostro*, riversa dall'alto dei cieli il suo ardente calore, non presenta di certo una prospettiva troppo aggradevole. Non si sa davvero quale sarebbe l'angolo delle terre di Venere il meno disaggradevole per viverci, nè si saprebbe se preferire una residenza all'equatore anzichè una presso i poli.

Risulta dunque da tutte queste circostanze, che là vi debbono essere stagioni e climi più variati e più eccessivi dei nostri.

Questo mondo vicino possiede presso a poco le stesse dimensioni del nostro. Abbiamo già veduto nel precedente capitolo, quale angolo sottenda veduto dal Sole. Siffatta riduzione all'unità terrestre prova che il suo diametro angolare essendo di 16″90, mentre quello della Terra è di 17″72, i due diametri reali stanno fra loro nel rapporto di 954 a 1000, e i volumi nel rapporto di 868 a 1000. Non v'ha dunque fra i due globi che un piccolo divario, a vantaggio della Terra. Il diametro di Venere misura 12 000 chilometri e la sua circonferenza 9500 leghe. La sua superficie supera i 96 centesimi di quella del nostro mondo. Pertanto questo pianeta è veramente il fratello gemello del nostro (1).

---

(1) Secondo una misura fatta durante l'ultimo passaggio di Venere dal colonnello Tennant, questo pianeta sarebbe leggermente schiacciato ai poli, e fors'anche qualche cosa più della Terra: la proporzione sarebbe di $\frac{1}{260}$.

Venere pesa un po' meno del nostro pianeta (0,79); la sua densità è quasi eguale a quella dei materiali che costituiscono il globo terrestre (0,90), e la gravità alla sua superficie è soltanto di poco più debole che da noi (0,86). Sotto tutti questi aspetti, è la terra celeste che somiglia di più a quella che noi abitiamo.

Fig. 207. — Fin dalle primitive età, l'ora in cui si accende la stella del pastore era attesa dalla fidanzata che associava il vago pianeta Venere ai più dolci sentimenti del suo cuore.

La somiglianza apparirà ancora più completa quando si sappia che quel mondo è involto in una atmosfera. La penombra osservata lungo la falcatura di Venere aveva già fin dal secolo scorso, dato indizio dell'esistenza di questo inviluppo aereo, poichè da qui son percettibili l'aurora e il crepuscolo di varî meridiani di quel globo. Una seconda testimonianza della cosa ci fu data dal prolungamento delle corna della falce al di là del suo limite geometrico; una terza lo fu dal fatto che il contorno esterno di una fase di Venere sembra sempre molto più luminoso del lembo interno. Ma queste testimonianze sono deboli ancora dinanzi a quelle dateci in quindici anni dalla analisi spettrale. Allorchè si esamina allo spettroscopio la luce riflessa da questo pianeta, si trovano dapprima naturalmente le righe dello spettro solare, chè i pianeti non hanno luce propria e non fanno che rimandare quella del Sole,

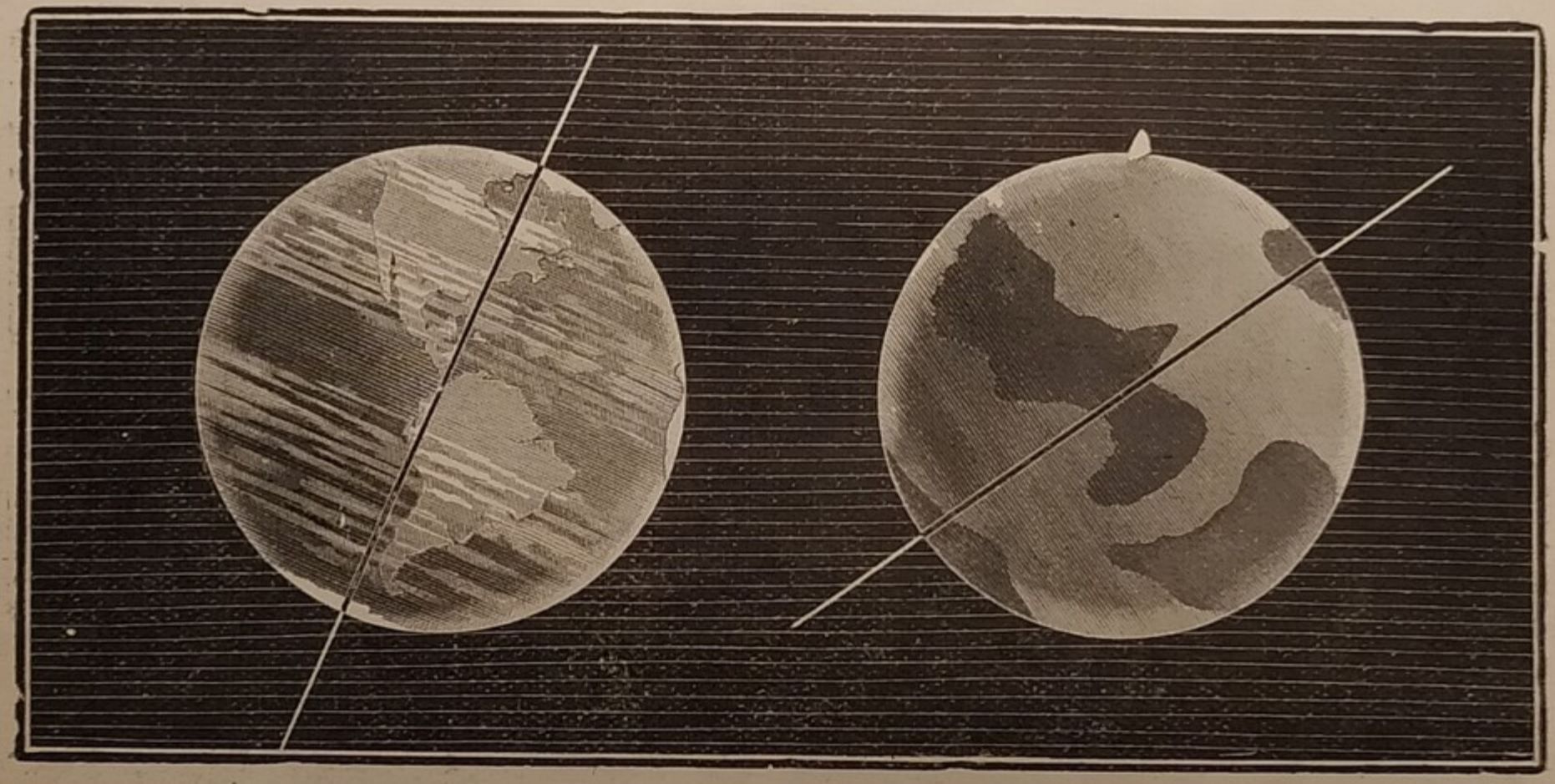


Fig. 208. — Indicazione comparata degli assi della Terra e di Venere.

ma si riscontrano inoltre parecchie righe d'assorbimento analoghe a quelle date dallo spettro dell'atmosfera terrestre e particolarmente quello delle nuvole e del vapor acqueo. Le osservazioni di Huggins, Secchi, Respighi, Vogel sono concordanti. All'epoca dell'ultimo passaggio di Venere, Tacchini trovandosi al Bengala, esaminò con cura lo spettro solare nel luogo occupato da Venere e ne concluse egli pure l'esistenza di un'atmosfera, « probabilmente della natura stessa della nostra ». Mille leghe lungi di là, al Giappone, e migliaja di leghe più lontano, all' isola San Paolo, ed in Egitto, i missionarî della scienza, francesi ed inglesi facevano un'osservazione ben differente, ma di conferma. All'ingresso e all'uscita del disco di Venere sul Sole, hanno visto, esternamente a questo, la metà di Venere segnata da un arco leggiero di luce, il quale altro non era che l'atmosfera illuminata del pianeta. Delle misure più complete ancora sono state fatte nel 1874 agli Stati Uniti. Un osservatore, il

signor Lyman, giunse a tener d'occhio Venere di giorno in giorno all'epoca della sua congiunzione inferiore, ed a vedere la sua sottile falcatura allungarsi finchè le due punte finirono con circuire tutto il disco oscuro ed incontrarsi, di guisa che il pianeta offrì nel campo del telescopio l'aspetto di un anello luminoso. Questo studio condusse l'autore a completare tutti i dati precedenti sull'atmosfera di Venere, calcolando la sua rifrazione e di qui la sua densità. Questa rifrazione orizzontale è di 54′. Quella dell'atmosfera terrestre essendo di 33′, ne emerge che la densità dell'atmosfera alla superficie di quel pianeta supera quella della nostra nel rapporto di 100 a 189. È dunque una atmosfera quasi due volte più densa della terrestre.

Una tale densità, quel vapore acqueo, quelle nubi, sembrano ben appropriati a temperare l'ardore del Sole, e a dare a quel globo una temperatura media poco diversa da quella che caratterizza il nostro soggiorno.

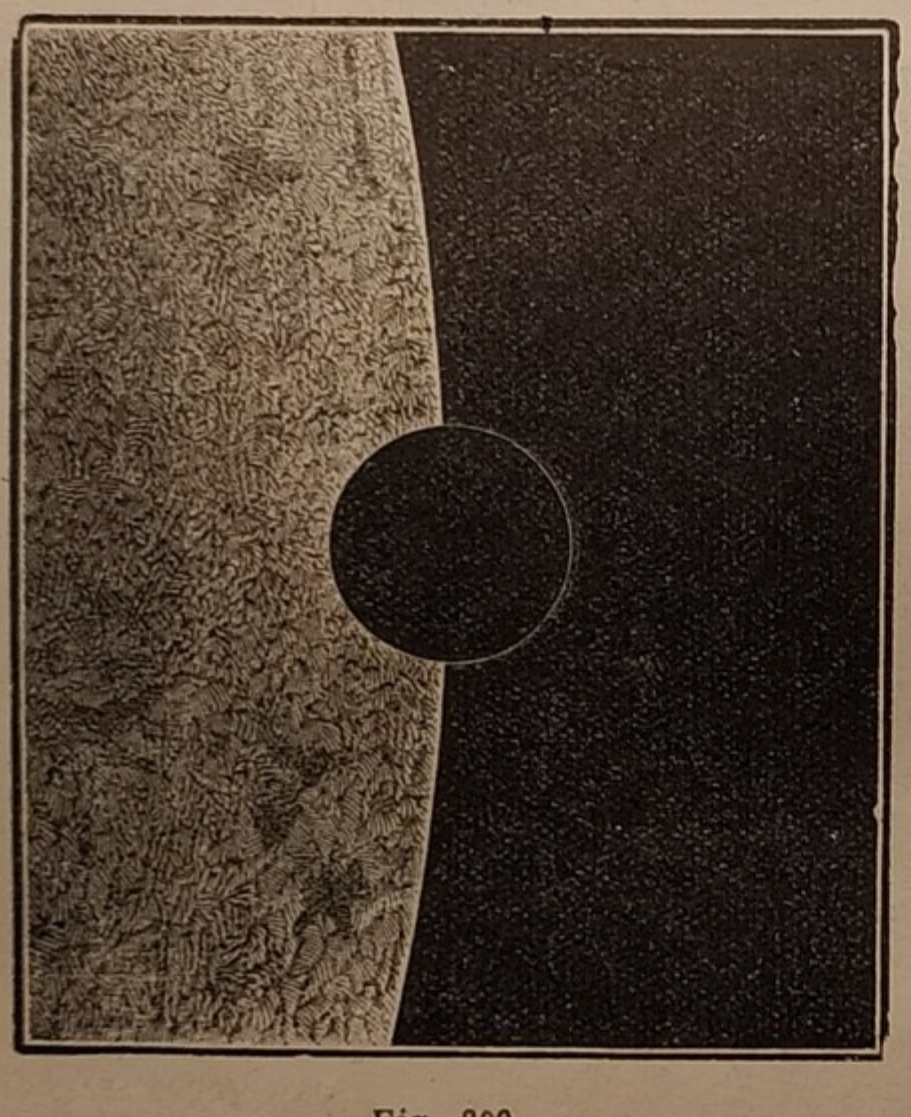


Fig. 209.
L'atmosfera di Venere, illuminata dal Sole all'istante dell'entrata del pianeta sul disco solare.

Aggiungiamo ancora che l'attenta osservazione delle dentellature visibili sulla falce di Venere ha mostrato che la superficie di questo pianeta è non meno ineguale di quella della Terra, e, più ancora, che vi hanno colà delle Ande, delle Cordigliere, delle Alpi e de' Pirenei, e che gli altipiani più elevati raggiungono persino i 44 chilometri di altezza. Si è persino potuto accertare che l'emisfero boreale è più montuoso dell'emisfero australe.

E già anche ben incominciato lo studio della geografia di Venere; ma esso è oltremodo difficile, e sono rarissime le ore in cui l'altmosfera sia pura e la osservazione possibile. Questa difficoltà sarà facilmente intesa quando si rifletta ch'egli è appunto quando è più vicina a noi che la si può veder meno, poichè il suo emisfero illuminato essendo sempre rivolto verso il Sole, a noi sta di contro l'emisfero oscuro. Più essa si avvicina, più scema la falcatura. Aggiungete a tutto ciò la sua viva luce e le sue nuvole, e capirete quali difficoltà presenti agli astronomi terrestri la sua osservazione. Tuttavia, osservandola di giorno per evitare l'abbarbagliamento, e non aspettando che la falce sia troppo sottile, scegliendo le quadrature e approfittando degli istanti di grande purezza atmosferica, si giunge quando a

quando, a distinguere le macchie grigie che debbono indicare il posto dei suoi mari (1).

L'atmosfera e l'acqua esistono là al pari di qui. Giusta quanto abbiamo veduto più indietro circa le stagioni più rapide e violenti di questo pianeta, noi possiamo pensare che le agitazioni dei venti, delle pioggie e dei temporali debbono superare tutto quanto vediamo e proviamo quaggiù, e che la sua atmosfera e i suoi mari debbono subire una continua evaporazione e una continua precipitazione di pioggie torrenziali; ipotesi confermata dalla sua luce, dovuta senza dubbio alla riflessione degli strati superiori delle sue nuvole e dalla molteplicità delle nuvole stesse.

A giudicarne dalle nostre stesse impressioni, noi staremmo molto meno bene in quei paesi che nei nostri, ed è anzi molto probabile che la nostra organizza-

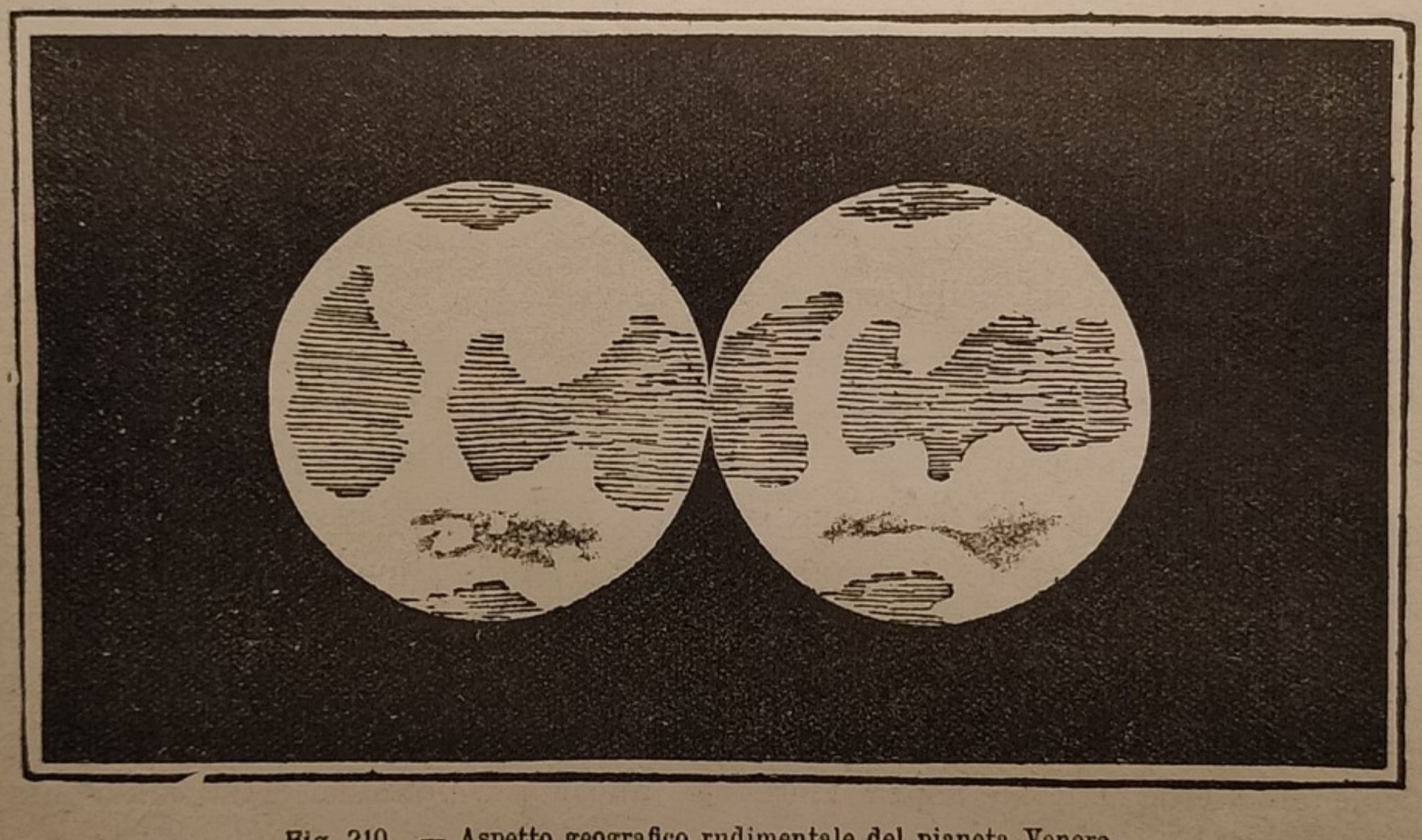


Fig. 210. — Aspetto geografico rudimentale del pianeta Venere.

zione fisica, per quanto elastica e compiacente sia su questa Terra, non potrebbe acclimarsi in mezzo a siffatte variazioni di temperatura. Ma non bisogna perciò concludere che quel mondo sia inabitabile ed inabitato. Si può anzi supporre

---

(1) Bianchini, nello scorso secolo, sotto il bel cielo di Napoli, ha incominciato un rudimento che noi riprodnciamo qui sopra, e che non fu di poi perfezionato, nè manco assolutamente verificato, malgrado i progressi dell'ottica. Ei crede aver distinto tre mari verso l'equatore, ed uno verso ciascun polo, dei continenti, dei promontori e degli stretti.

Cassini e Schrœter hanno visto, similmente nello scorso secolo, delle macchie che parevano somiglianti a quelle. In questi ultimi anni, Langdon ed Elger, astronomi inglesi, hanno fatto parecchi disegni, alcuni de' quali s'avvicinano a quelli di Cassini. Ne ho pur ricevuto da un astronomo belga, il signor van Ertborn. In quanto a me, non ostante i miei sforzi, non ho mai potuto discernere nettamente codeste macchie. Sarebbe molto a desiderarsi che in Italia, o sotto un cielo egualmente terso, un amico della scienza si consacrasse a questa speciale osservazione.

senza esagerazione, che i suoi inquilini naturali, organizzati per vivere in quel mezzo, vi si trovano a loro agio come il pesce nell'acqua e giudichino la nostra Terra un soggiorno troppo monotono e troppo freddo per servire di dimora ad esseri attivi ed intelligenti.

Di qual natura saranno gli abitanti di Venere? Ci rassomigliano essi per la forma fisica? Sono essi dotati di un'intelligenza analoga alla nostra? Passano essi la vita nei piaceri, come diceva Bernardino di Saint-Pierre, o sono talmente tormentati dalle intemperie delle loro stagioni da non avere nessuna delicata sensazione, e da non esser capaci di alcuna attenzione scientifica od artistica? Queste sono certamente quistioni importanti, ma alle quali non abbiamo nulla a rispondere. Tutto quello che possiamo pensare si è che la vita organica sopra Venere dev'essere poco differente dalla vita terrestre, e che questo mondo è uno di quelli che rassomigliano di più al nostro. Noi non ci chiederemo adunque, col buon P. Kircher, se l'acqua di Venere sarà buona per battezzare e se il vino sarà conveniente pel sacrificio della messa, nè con Huyghens se gli strumenti musicali di Venere somigliano all'arpa o al flauto, nè con Svedenborg se le giovinette passeggiano colà affatto nude, ecc. I viaggiatori imaginarî delle terre del cielo vi hanno sempre trasportato con sè le loro idee terrestri. La sola conclusione scientifica è che quel mondo differisce poco dal nostro in volume, in peso, in densità, per la durata dei giorni e delle notti: che ne differisce un po' più per la rapidità dei suoi anni, l'intensità dei suoi climi e delle sue stagioni, per l'estensione della sua atmosfera e la sua maggiore vicinanza al Sole. Deve dunque essere abitato da razze vegetali, animali ed umane poco differenti da quelle che popolano il nostro pianeta. Quanto ad imaginarlo deserto e sterile, la è questa un'ipotesi che non potrebbe nascere nel cervello di verun naturalista. L'azione del divin Sole deve esservi, come sopra Mercurio, ancor più feconda della sua opera terrestre, già così prodigiosa. Aggiungi che Venere e Mercurio, essendosi formati dopo la Terra, sono relativamente più giovani del nostro pianeta.

Gli abitanti di Venere vedono la nostra Terra splendere nel loro cielo come una magnifica stella di prima grandezza; per essi la Terra primeggia nello zodiaco fra tutti gli altri pianeti presentando moti analoghi a quelli che Marte presenta a noi; ma invece di projettare una luce rossastra, la Terra spande nel cielo un bagliore azzurrino. Per Venere soltanto la Terra è il più luminoso pianeta (1). Là vedono ad occhio nudo la nostra Luna che splende a

---

(1) Noi siamo l'astro più smagliante del cielo di Venere, giacchè questo pianeta non ha Luna, non ostante che certe osservazioni dell'ultimo secolo avessero fatto credere all'esistenza del *satellite di Venere* (queste osservazioni almeno non lo provano e le più diligenti ricerche fatte nei tempi moderni furono a questo riguardo infruttuose). Parecchî astronomi hanno veduto un compagno di Venere. Fontana nel 1645, Cassini nel 1672 e 1686, Short nel 1740, Andrea Meyèr nel

fianco alla Terra intorno a cui gira in 27 giorni. Questi due astri formano una coppia magnifica, di cui si può rappresentarsi l'aspetto esaminando il piccolo disegno dato nelle prime pagine di questo lavoro (pag. 13), disegno nel quale l'osservatore è supposto trovarsi a mezzanotte in mezzo ad un passaggio di Venere. Il nostro pianeta veduto di là misura 65″ di diametro, e la Luna quasi 18″; la Luna veduta da Venere offre lo stesso diametro della Terra veduta dal Sole. Mercurio è lucentissimo e per Venere viene immediatamente dopo la Terra. Marte, Giove e Saturno sono colà visibili come da noi, ma un po' meno luminosi. Le costellazioni del cielo intorno offrono agli abitanti di Venere esattamente gli stessi aspetti che presentano a noi.

Tale è la seconda provincia della repubblica solare. Attraversiamo adesso la regione occupata dalla Terra e dalla Luna, astri dai quali abbiamo incominciato lo studio dell'universo, ed entriamo nell'orbita di Marte.

1754, Montaigne nel 1761, Rodkier, Horrebow e Montbarron nel 1764, lo hanno osservato. Dopo, nessuno più lo ha riveduto. È desso caduto sul pianeta? È l'ultima ipotesi possibile. Tutti quegli osservatori hanno travisto? No, sicuramente. Come spiegare dunque quelle apparizioni e quella scomparsa? — È probabile che Venere si sia trovata a quelle epoche vicinissima ad uno dei numerosi planetoidi situati fra Marte e Giove, e che furono scoperti più tardi.

CAPITOLO IV.

Il pianeta Marte, miniatura della Terra.

♂

Il mondo a cui ora arriviamo è, in tutto il sistema planetario, quello di cui si abbiano le notizie più esatte: è quello che segue immediatamente al nostro nell'ordine delle distanze dal Sole, e che la natura sembra aver collocato nelle nostre vicinanze come un esempio eloquente della sua unità di veduta e di azione: guardando Marte noi crediamo vedere nello spazio la Terra stessa, con delle varietà e delle novità importanti, talmente che ciascuno di noi s'imbarcherebbe già fin da oggi con piacere per questa traversata, se le nostre anime avessero a loro disposizione un mezzo di locomozione sicuro per toccare la méta (andata e ritorno compresi). La sarebbe pure una cosa piacevolissima l'andar a passare un mezzo secolo sopra un altro mondo e poi far ritorno qui! Anche dal punto di vista puramente terrestre, di quanta importanza e di quanta istruzione sarebbe per noi se ci fosse possibile di ritornare ogni secolo a vedere quello che accade sulla Terra e assistere al lento progresso dell'umanità, delle invenzioni, delle scienze, delle arti e della industria!... Misteri della vita! misteri della morte! non vi svelerete voi mai?

Da quanto fu detto fin qui si è già potuto intendere che il pianeta Marte è il primo che s'incontra dopo il nostro, venendo dal Sole; esso gravita alla distanza di 56 milioni di leghe dal focolajo solare, seguendo un'orbita che abbraccia quella della Terra e che esso percorre in un anno e 322 giorni. La combinazione del suo movimento col nostro fa sì ch'esso passa dietro di noi in opposizione col Sole, ogni due anni circa, o piuttosto ogni 26 mesi. Ecco le date delle opposizioni attuali:

Aprile 1873	Settembre 1877	Dicembre 1881
Giugno 1875	Novembre 1879	Febbrajo 1884

A queste epoche il pianeta passa al meridiano a mezzanotte, ed egli è durante questi mesi e nei tre successivi che occupa le posizioni più favorevoli

per essere osservato di sera. Esso splende allora come un astro di prima grandezza, rivale di Venere e di Giove. Cammina nel cielo con moto piuttosto rapido; la sua posizione nel 1879 fu indicata nella figura 181.

La sua luce è rossastra, ardente come una fiamma, e dà l'idea di un fuoco. Quale lo vediamo noi oggi, tale splendeva pei nostri antenati. Il suo nome, in tutte le lingue antiche, significava *incandescente*, e la sua personificazione è quella del dio della guera. Gli uomini hanno sempre procurato di legittimare qualche lato delle loro passioni, attribuendo le proprie azioni più perverse alla fatale influenza di qualche divinità superiore, o di qualche demone; e siccome la guerra è sempre stata in tutti tempi il trastullo dei grandi e

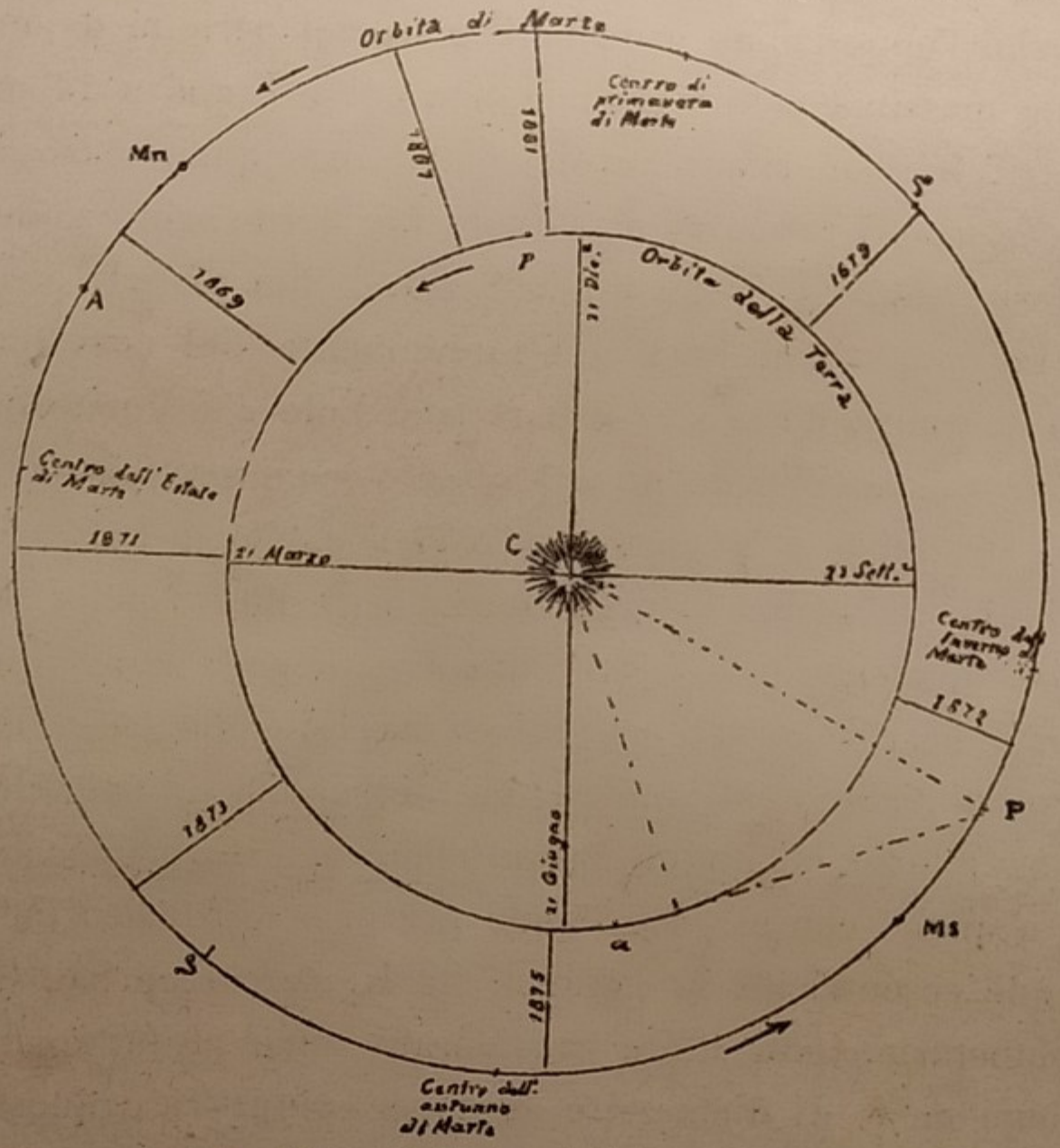


Fig. 211 — Orbite di Marte e della Terra intorno al Sole.

la stolta gioja dei piccoli, così l'astro della guerra fu uno dei più onorati e dei più temuti; i templi di Marte si alternano con quelli di Venere, l'alloro e il mirto intrecciano i loro rami: la distruzione e la riproduzione sono complemento l'una dell'altra. La fiammeggiante stella di Marte presiedeva ai combattimenti; sul campo di battaglia di Maratona, in mezzo alle stragi dei Cimbri, o nell'oscuro passo delle Termopili, le imprecazioni delle vittime lo accusavano di barbarie, laddove invece l'uomo non ha altro nemico che sè medesimo, e l'innocente pianeta galleggia nell'azzurro dei cieli senza alcun sospetto delle influenze di cui lo si accusa.

Il purpureo pianeta varia di splendore a secondo della sua posizione nel

cielo e della sua distanza. L'orbita ch'esso percorre intorno al Sole, non è circolare, ma ellittica, l'eccentricità essendo di 0,093:

Distanza perielia . . .	1,3826 =	chilometri	204 520 000
» media	1,5237 =	»	225 400 000
» afelia	1,6658 =	»	246 280 000

Si vede che la variazione di distanza è considerevole e raggiunge quasi il quinto della distanza media; Marte è pertanto di 10 milioni di leghe più vicino al Sole al perielio che all'afelio, ciò che deve produrre una variazione sensibilissima nella temperatura di questo pianeta, variazione indipendente da quella dovuta alle stagioni, la quale invece è da attribuirsi all'inclinazione dell'asse. Allorchè l'opposizione cade nell'epoca del perielio di Marte, il pianeta passa nella massima possibile vicinanza della Terra, a 14 milioni di leghe soltanto, e rifulge con rimarchevole splendore; è quanto accadde nel 1877. La figura 211 mostra il rapporto che esiste fra le due orbite; quella di Marte è tracciata esteriormente a quella della Terra. I due pianeti girano nel medesimo verso, ma noi camminiamo più rapidamente del nostro vicino e non ci incontriamo di nuovo dalla stessa parte del Sole che dopo due anni e due mesi a un di presso, ad una distanza alquanto maggiore (paragonate la linea di congiungimento dei due pianeti nel 1879 a quella del 1877). Dopo sette successive opposizioni, i due pianeti tornano di nuovo nella loro reciproca massima vicinanza, caso che si ripresenta press'a poco ogni quindici anni; 1830, 1846, 1862, 1877. (Coincidenza abbastanza singolare: le massime vicinanze di Marte coincidono colla scomparsa dell'anello di Saturno, di cui parleremo più innanzi). Sono dunque naturalmente queste le epoche migliori per l'osservazione e quelle che si prescelgono per lo studio fisico del pianeta.

Siffatta grande eccentricità fu cagione che Keplero scoprisse la vera forma delle orbite planetarie, infin allora considerate come perfettamente circolari; egli non impiegò meno di diciassette anni per giungere a questa scoperta e ben sovente disperò. Le eccellenti osservazioni di Ticone gli provarono la verità del sistema di Copernico e lo condussero all'accertamento delle leggi che abbiamo riassunte più indietro.

Allorchè Marte passa in opposizione, il suo diametro può arrivare fino a 30,″4, se ciò accade verso il perielio *(P)* del pianeta e verso l'afelio *(a)* della Terra, vale a dire nel mese di luglio. Nel 1877 quel diametro si è di molto accostato al massimo; dal 28 agosto all'8 settembre è stato di 29″,4. Abbiamo veduto che il diametro della Luna è di 31′ 24″, vale a dire, poichè quello di Marte può raggiungere il mezzo minuto, che il diametro lunare è circa 63 volte maggiore. In siffatte condizioni, un canocchiale che ingrandisca 63 volte ci mostra dunque il globo di Marte della stessa grossezza della Luna veduta ad occhio nudo. Siccome allora il pianeta è rischiarato di faccia dal Sole, si-

tuato dietro a noi a mezzanotte all'istante in cui osserviamo Marte, l'osservazione si fa nelle migliori condizioni, ciò che non accade per Venere, come abbiamo veduto. Noi distinguiamo allora perfettamente un disco circolare sul quale una macchia bianca salta subito all'occhio e contrassegna a bella prima la posizione di un polo del pianeta. Se l'atmosfera è purissima, non si tarda ad avvertire che la colorazione in rosso del disco non è uniforme e che vi sono delle macchie. Un maggior ingrandimento mostra le forme di quelle macchie.

Fin dalle prime osservazioni telescopiche del pianeta, fatte da Galileo nel 1610, le *fasi* di Marte si facevano presentire, ma non furono accertate che nel 1638 mercè il canocchiale di Fontana, sotto il cielo di Napoli. I nostri strumenti moderni lo mostrano facilmente; ma quelle fasi non raggiungono

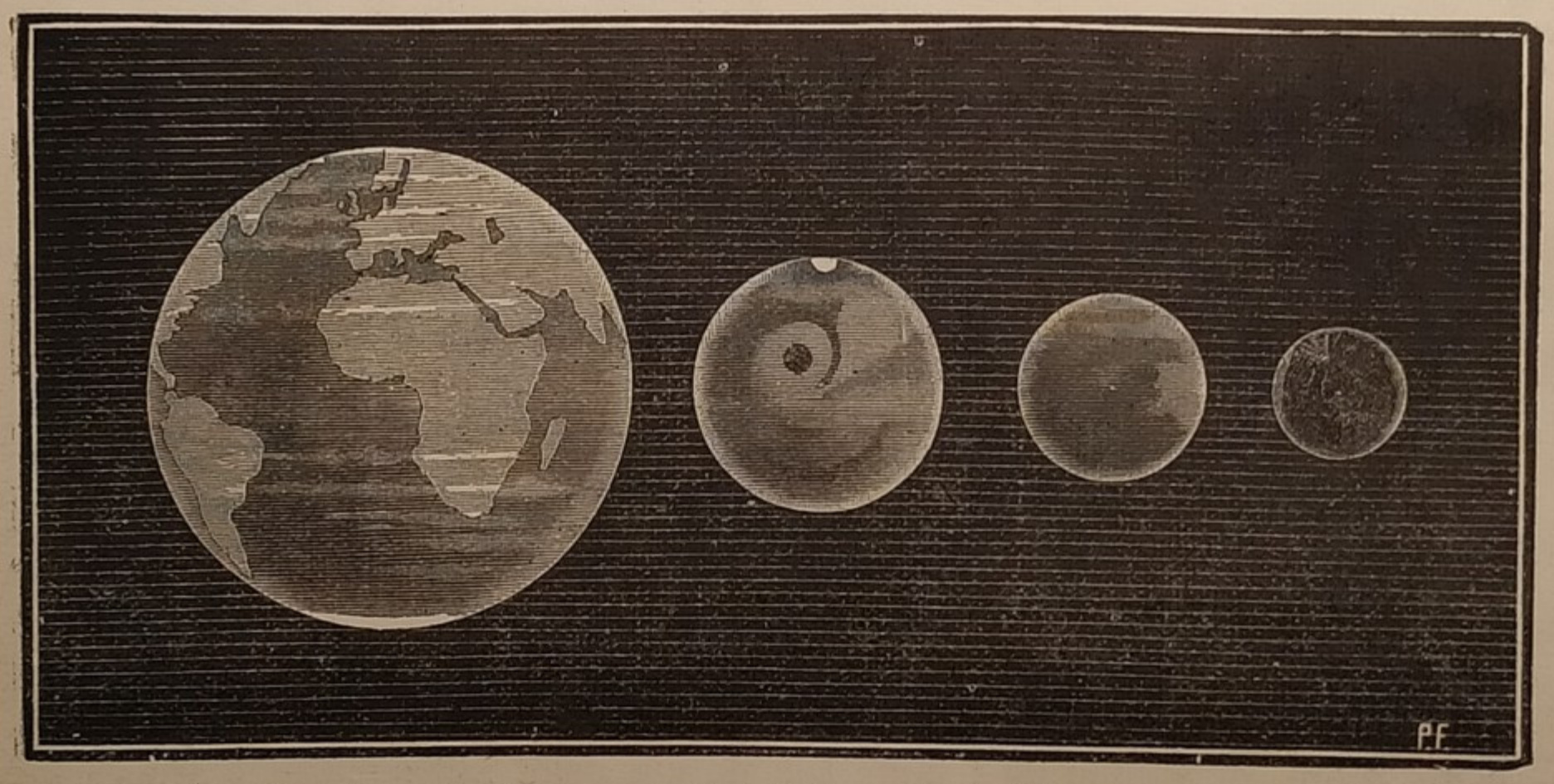


Fig. 212. — Grandezze comparate della Terra, Marte, Mercurio e la Luna.

mai il grado di quelle di Venere e di Mercurio, giacchè Marte rimane sempre più della Terra lontano dal Sole; esse non superano mai la fase lunare di tre giorni prima e dopo il plenilunio. — Fu pure Fontana che pel primo scorse delle macchie: il canocchiale di Galileo, non bisogna scordarlo, non ingrandiva dapprima che 8 volte, e il suo ingrandimento, portato in seguito al doppio, non oltrepassò più tardi 32. L'esame del moto delle macchie del 1666 diede a Cassini un periodo di rotazione di 24 ore, 40 minuti; Maraldi nel 1704 e nel 1719, W. Herschel e Schrœter sulla fine dello stesso secolo, Kunowski nel 1822, Mädler nel 1830, Kaiser nel 1862, Wolf nel 1866, Proctor nel 1869 e Crulls nel 1877 perfezionarono questa ricerca, sì che oggi conosciamo, colla *approssimazione di un secondo*, la durata precisa della rotazione diurna di questo mondo che è di

24 ore, 37 minuti, 23 secondi.

La durata del giorno e della notte è dunque a un dipresso la medesima per Marte e per la Terra; essa supera la nostra soltanto di poco più di una mezz'ora. È oltremodo rimarchevole il fatto che questa durata è insensibilmente analoga pei quattro pianeti, Mercurio, Venere, la Terra e Marte. Noi non conosciamo la ragione di questa somiglianza. La distanza dal Sole non sembra trovarsi qui in giuoco come per la durata dell'anno, nè pel volume del pianeta. La *densità* pare entri per la maggior parte in questa determinazione del tempo della rotazione, come l'ho dimostrato in un precedente lavoro. I quattro pianeti la cui rotazione si effettua in un periodo poco lontano di 24 ore, sono i più densi. I quattro giganti, Giove, Saturno, Urano e Nettuno, ruotano molto più celeremente, in un periodo di 10 ore circa, e sono anche i mondi che hanno la minor densità.

Nell'anno di Marte vi sono 669 rotazioni o giorni siderei ($669\frac{2}{3}$) e per conseguenza 668 e $\frac{2}{3}$ giorni solari o civili. A quella guisa che il giorno terrestre

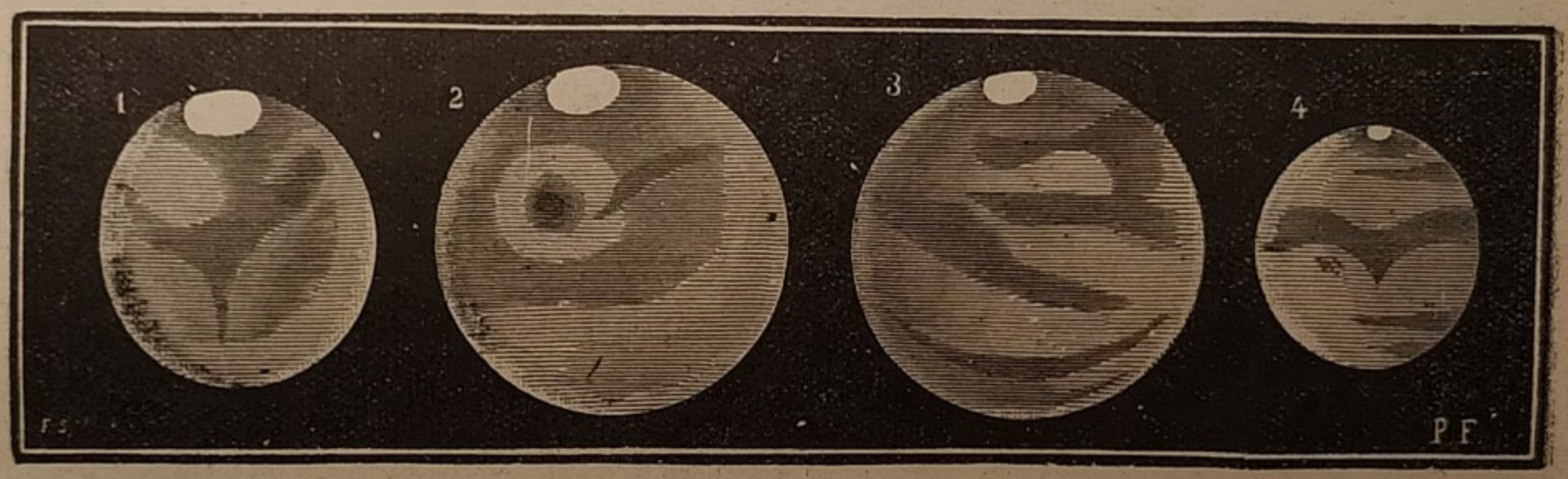


Fig. 213. — Aspetti telescopici di Marte, il 30 luglio, 22 agosto, 14 settembre e 26 ottobre 1877.

è di 24 ore, superando di 4 minuti la durata della rotazione, il giorno marziale è del pari un po' più lungo della rotazione (ne abbiamo detto il perchè a pagina 21): dura, tutto compreso, $24^h\ 39^m\ 35^s$. Ogni tre anni ve ne ha uno breve di 668 giorni e due bisestili di 669.

Si vede che fra Marte e la Terra v'ha una differenza poco sensibile, sotto il rapporto del moto di rotazione; i fenomeni che ne sono la conseguenza, la successione dei giorni e delle notti, il levare e il tramontare del Sole e delle stelle, la fuga delle ore rapide o lente secondo lo stato dell'animo, i lavori, le gioje o le pene: in una parola, il corso quotidiano della vita e l'abituale andazzo delle cose si svolgono presso a poco nelle stesse condizioni che fra noi.

La maggior differenza che intercede fra Marte e la Terra sta nell'esiguità del suo volume, che ne fa proprio una miniatura del nostro mondo. Come abbiam visto (pag. 427), il suo diametro angolare, all'unità di distanza, è di 9''.57, mentre quello della Terra è di 17''.72; è soltanto un po' più della

Fig. 214. — La fiammeggiante stella di Marte presiedeva ai combattimenti,
e nell'oscuro passo delle Termopoli, le imprecazioni delle vittime ne maledivano la barbarie

metà del nostro (0,54). Espresso in chilometri, quel diametro è di 6850 chilometri. La periferia di questo mondo misura 51 510 chilometri. La sua superficie è soltanto di 27 centesimi di quella del globo terrestre, e il suo volume arriva appena ai $\frac{16}{100}$ del nostro. Marte, essendo sei volte e mezzo più piccolo della Terra in volume, trovasi essere sette volte e mezzo più grosso della Luna e tre volte più di Mercurio. La nostra fig. 212 rappresenta esattamente queste differenze di volume, che sono abbastanza importanti (1).

Prima della scoperta dei satelliti di Marte, fatta nel 1877, era difficilissimo di determinare esattamente la massa di questo pianeta. Abbiamo veduto infatti (pagina 50), che il processo più semplice da impiegare per pesare un astro, è quello di paragonare la velocità con cui fa girare un corpo celeste posto nella sua dipendenza, con quella che la Terra imprime alla Luna; la proporzione della velocità conduce a quella delle masse o dei pesi. Gli è a questo modo che abbiamo pesato il Sole. Quando la natura non fornisce questo metodo diretto, bisogna adoperarne uno indiretto, quale sarebbe quello delle perturbazioni che il pianeta fa subire a' suoi celesti compagni nel loro corso attraverso lo spazio, od a qualche cometa vagabonda che si avvicini abbastanza per patirne una sensibile influenza. In tal guisa si sono determinate le masse di Mercurio, di Venere, e quella di Marte fino al 1877. Ma quando v'è un satellite, l'operazione è nel tempo stesso di gran lunga più celere e più precisa. Il calcolo della massa di Marte fatto da Le Verrier rappresenta un intiero secolo di osservazioni e parecchî mesi consecutivi di calcolo, più di mille ore di numerazione; appena furono scoperti i satelliti, invece, quatttro notti di osservazioni, e dieci minuti di calcolo bastarono per provare che questo pianeta pesa tre milioni di volte meno del Sole ($\frac{1}{3\,054\,000}$). Ne risulta che, rappresentando con 100 il peso della Terra, quello di Marte è espresso da 106; in altre parole, questo globo pesa nove volte e mezzo meno del nostro.

La densità dei materiali costitutivi di questo globo è eguale a 69 centesimi della densità media della Terra, e il peso degli oggetti alla sua superficie non oltrepassa il terzo di quello degli oggetti terrestri; poichè colà la gravità è di 37 centesimi circa della terrestre. Degli otto pianeti principali, è quello su cui la gravità è più debole; un peso di 400 chilogrammi trasportato sul suolo di Marte, non darebbe al dinamometro che 37 chilogrammi.

---

(1) Le misure fatte per determinare la depressione polare di Marte non diedero risultati concordanti. Herschel trovò $\frac{1}{16}$; Schrœter $\frac{1}{80}$; Arago $\frac{1}{30}$; Hind $\frac{1}{50}$; Main $\frac{1}{39}$; Kaiser $\frac{1}{114}$. Tutti questi valori sono troppo forti per la teoria dell'attrazione. Questo globo ruota meno presto della Terra ed è più piccolo, non può quindi sviluppare che una debole forza centrifuga, e il suo schiacciamento dovrebbe essere più debole di quello del nostro pianeta che è di $\frac{1}{300}$. Forse il pianeta si è formato in più riprese e gli strati prossimi alla superficie hanno una densità maggiore, per avventura, della densità media. Vi ha là qualche mistero: questo pianeta è piccolo, e ve ne sono a centinaja di più piccoli dietro di esso; noi vedremo più avanti ch'esso ha un satellite che gira più presto che esso stesso non ruoti. È il pianeta più eccentrico fra i pianeti principali. Sono questi altrettanti fatti che attendono una spiegazione.

Abbiamo veduto che la rivoluzione di questo piccolo pianeta si effettua in 687 giorni; comprende cioè due dei nostri anni meno 43 giorni. Siccome la durata del giorno è un po' più lunga su quel pianeta che sul nostro, v'hanno relativamente meno giorni nel suo anno che se girasse sul suo asse colla stessa celerità di noi: il suo calendario conta 668 giorni in un anno.

L'inclinazione del suo asse di rotazione è un poco più forte di quella del nostro. Laddove per noi l'obliquità dell'eclittica è di 23°27′, essa è per Marte di 28° 42′; la differenza di cinque gradi non è enorme, e ne risulta che le stagioni di Marte sono soltanto un po' più intense delle nostre. Un astronomo della Terra non ha bisogno di fare il viaggio di Marte per conoscere le sue stagioni e i suoi climi. La variazione considerevole delle macchie polari ci mostra però che la differenza fra il verno e l'estate è più sensibile che da noi. Ho osservato questo pianeta colla maggior attenzione durante tutte le sue ultime posizioni, negli anni 1871, 1873, 1875, 1877 e 1879. L'estensione delle nevi polari è sempre in relazione colla stagione. I disegni fatti nel giugno 1873, che mostrano la calotta polare boreale ridotta ad un punto bianco, corrispondono esattamente alla fine dell'estate, alla fine cioè della fusione delle nevi. Nel 1875, eravamo al mezzo dell'autunno di Marte: la macchia polare boreale era così stremata che appena si distingueva, mentre le nevi del polo australe, che aveva subìto un lungo inverno di quasi dodici mesi, erano estesissime. L'osservazione ha dato ancora dei risultati più evidenti nel 1877; fra i miei disegni di quell'anno tanto favorevole, ne ho scelti quattro (30 luglio, 11 ore — 22 agosto, 11 ore — 14 settembre, 10 ore — 26 ottobre, 9 ore) che mostrano a prima vista quella progressiva diminuzione (fig. 213).

Quella macchia polare è tanto bianca, che per effetto della irradiazione sembra quasi sempre oltrepassare il contorno del disco del pianeta: il suo bagliore supera del doppio quello della totalità del disco. Siffatti aspetti e variazioni sono stati studiati con una cura scrupolosa già da molti anni, specialmente da Herschel alla fine del secolo scorso e da Mädler dal 1830 al 1840.

Questo mondo presenta, al pari del nostro, tre zone distinte: la zona torrida, la zona temperata e la zona glaciale. La prima si estende, da una parte e dall'altra dell'equatore, fino al parallelo di 28° 42′; la zona temperata si estende da quella latitudine fino a 61° 18′; la zona glaciale circonda ciascun polo fino a quella distanza.

Così, la durata dei giorni e delle notti, le loro differenze secondo le latitudini, le loro variazioni lungo il corso dell'anno, le lunghe notti e i lunghi giorni delle regioni polari, in una parola tutto ciò che concerne la distribuzione del calore, sono tutti fenomeni quasi identici e sopra Marte e sulla Terra. Tuttavia, esiste fra i due pianeti una differenza notevolissima, ed è

appare all'occhio nudo. V'ha in ciò una differenza essenziale colla Terra. Veduto da lontano il nostro pianeta deve parer verdastro, giacchè è il verde che domina sui nostri continenti come sui nostri mari; la presenza della nostra atmosfera accentua leggermente questa gradazione verso il blu. Al telescopio, gli astronomi di Venere e di Mercurio debbono veder i nostri mari colorati di un verde scuro, i continenti tinteggiati di un verde chiaro più o meno vario, i deserti gialli, le nevi polari bianchissime, le nuvole bianche, le catene montane segnate dalla linea nevosa delle loro creste. Sopra Marte, le nevi, le nubi e i mari presentano a un dipresso lo stesso aspetto che da noi, ma i continenti sono gialli (come campi di cereali: quali, granturco, frumento, orzo od avena).

Questa colorazione è molto più sensibile all'occhio nudo che in un cannocchiale; maggiore è l'ingrandimento, meno è intensa. Quale ne è la causa? Essa non è dovuta ad un'atmosfera che sia rossa invece di essere azzurra, come lo si suppone, giacchè in tal caso questa colorazione si estenderebbe a tutto il pianeta e aumenterebbe d'intensità dal centro alla circonferenza, in ragione dell'aumento di profondità atmosferica attraversata dai raggi luminosi riflessi dal pianeta. Non abbiamo dunque che due supposizioni a fare per spiegarla: o i continenti di Marte non sono che deserti la cui superficie è coperta di sabbie o di minerali ocracei, oppure la vegetazione di questo pianeta è gialla.

La prima di queste due supposizioni è in formale contraddizione colla testimonianza della natura sopra Marte, ed è cosa sorprendente che parecchî astronomi che l'adottano non si siano accorti della contraddizione. Ammettere che la colorazione sia quella della superficie minerale di questo globo, vale quanto ammettere che su questa superficie non ci sia nulla, nessuna specie di vegetazione, non il più piccolo tappeto di muschi, nè foreste, nè prati, nè campi, giacchè qualunque fosse la vegetazione che coprisse questa superficie, da noi si vedrebbe questa e non il terreno. Una tale ipotesi condannerebbe dunque questo mondo ad una perpetua sterilità.

Ora, la circolazione meteorologica che ha luogo su questo pianeta come sul nostro, le stagioni, le nebbie, le nevi, le pioggie, il calore e l'umidità; l'acqua, l'aria, il fuoco, la terra, questi quattro elementi divinati dagli antichi, potrebbero essi agire da migliaja di secoli sulla superficie di questo mondo senza avervi dato nascimento al minimo filo di erba? Per qual miracolo di annichilimento perpetuo, le forze della natura che da noi producono la vita moltiplicantesi a detrimento di sè stessa, e che disseminano con sì prodiga mano dei miliardi di esistenze ogni giorno, ogni ora, ogni minuto, su tutta la sfera del nostro globo, in fondo alle acque come sulle montagne, come mai, dico, queste forze stesse rimarrebbero infeconde sopra un mondo situato

esattamente come il nostro nella luce dello stesso Sole e nella rete delle stesse vibrazioni! Una tale ipotesi non potendosi sostenere neppur un istante, l'aspetto dei continenti di Marte ci invita ad allargare il circolo della nostra concezione botanica e ad ammettere che la vegetazione non è necessariamente verde su tutti i mondi, che la clorofilla può prodursi sotto differenti aspetti, e che le multicrome colorazioni dei fiori, delle foglie, delle piante, che noi osserviamo qui, possono essere ripetute al centuplo, altrove, sotto mille condizioni variate. Noi non scorgiamo da qui le forme delle piante marziali; ma possiamo concludere che in tutto l'insieme della vegetazione, dagli alberi giganteschi al muschio microscopico, dominano il giallo ed il ranciato, sia che v'abbia grande abbondanza di fiori rossi o di frutti dello stesso colore, sia che realmente i vegetali siano per sè stessi non verdi, ma gialli. Un albero a fronde gialle che portasse dei frutti verdi, ci parrebbe una mostruosità a motivo della nostra educazione terrestre; ma in fatto basta che la combinazione chimica od anche semplicemente la disposizione molecolare si compia diversamente di qui, perchè i colori abbiano a cambiare.

I vegetali di Marte sono essi persistenti per tutto l'anno, come un gran numero di piante terrestri, come l'erba dei prati, il bosso, il rododendro, l'alloro, il cipresso, il tasso, ecc., ecc., oppure le foglie cadono nel verno per ricacciare in primavera? Non lo sappiamo ancora. Le regioni del pianeta che noi osserviamo più distintamente sono le regioni equatoriali e tropicali, e precisamente sulla Terra i vegetali in queste zone non variano. Le terre sono state ancor poco studiate perchè si possa affermare alcun che a questo riguardo. Ma siccome non si notano mai delle grandi differenze nella loro tinta fra una latitudine e l'altra, è probabile che la vegetazione non vi subisca gli stessi mutamenti di quelle delle nostre contrade boreali. Tuttavia, alcune variazioni furono già avvertite: per esempio, la terra di Hall fu veduta, nel 1877, più rossa delle altre (1).

Pertanto il rosso, l'aranciato, il giallo dominano alla superficie di Marte.

---

(1) Siffatta colorazione non è così intensa, così rossa, come generalmente si crede. Per misurarla esattamente, ho costruito, alcuni anni or sono, un apparecchio che, sul principio del sestante, ravvicina in un istesso cannocchiale due punti luminosi lontani l'uno dall'altro, qualunque sia per altro questa distanza. Si conducono per tal modo nel campo del cannocchiale due stelle qualunque del cielo, oppure una stella ed una sorgente di luce, un becco a gas, ecc., per il confronto diretto. Mercè reiterati confronti, ho trovato che questo pianeta non è rosso, propriamente parlando; nè manco di un ranciato carico, ma di un giallo ranciato, cioè press'a poco della tinta del gas illuminante. Queste esperienze mi hanno dati i seguenti colori per i pianeti:

1. Gas illuminante .	ranciato	5. Urano	giallo chiaro
2. Marte	ranciato	6. La Luna	giallo ottone
3. Mercurio	giallo ranciato	7. Venere	bianco
4. Giove	giallo	8. Saturno	giallo verde

Queste tinte sono scritte in ordine decrescente dal rosso verso il blu. Si vedrà più innanzi che vi sono delle stelle più rosse di Marte e più verdi e più azzurre di Saturno.

Un'altra differenza colla Terra sembra esserci offerta nella variabilità di alcune delle sue configurazioni geografiche. Lo studio assiduo del golfo di Kaiser potrebbe condurre su questo punto, a risultati assai bizzarri. Nel 1830, Mädler lo ha più volte veduto assai nettamente e distintamente quale è rappresentato nelle due figure 217 e 218. Nel 1862 Lockyer lo ha veduto altrettanto distintamente come è disegnato nelle stesse figure, e nel 1877 Schiapparelli lo ha rappresentato quale lo vediamo nelle citate figure. Questo punto, veduto rotondo, nero e definito nel 1830, così distinto e preciso infatti che Mädler lo scelse per origine delle longitudini marziali, comechè fosse il punto più nero. veduto già sotto la stessa forma da Kunowsky nel 1821, e indicato fin dal 1798 da Schrœter come un globulo nero, non potè essere intraveduto nel 1858 dal P. Secchi, malgrado la speciale ricerca che ne ha fatto. Questo stesso punto nero fu veduto biforcato da Dawes nel 1864, e certamente lo è; ma la regione che lo circonda al sud sembra coperta di paludi e variabile di aspetto secondo gli anni: tutti i disegni del 1877 non mostrano più lo stesso punto, come un disco nero sospeso ad un filo serpeggiante, ma il filo si è allargato a segno di non poter più comportare tale similitudine: il golfo è tanto largo al centro e all'origine quanto alla sua estremità orientale.

Attualmente, la macchia più nera e la più decisa, quella che si sceglierebbe di preferenza come origine dei meridiani, sarebbe il mare di Lockyer: la si sceglierebbe certamente di preferenza alla prima. Nel 1830, la preferenza è stata data alla precedente, e sopra parecchî disegni le si vedono tutte e due farsi esattamente riscontro da ambo i lati dell'oceano di Keplero. Questi disegni non potrebbero più farsi oggi. Ecco, intanto, una prima variazione. Una seconda ce la offre l'aspetto stesso della macchia: nel 1862, varî osservatori l'hanno veduta allungata dall'est all'ovest; nel 1877 la si vide, per contro, perfettamente rotonda (fatta la correzione dovuta alla prospettiva), e certamente non allungata nel verso di prima. Terza variazione: essa sembrava, nel 1862, riunita per uno stretto all'oceano di Keplero, e, nel 1877, strumenti della stessa potenza, ed osservatori di egual perizia, non hanno veduto traccia di questo stretto e ne hanno invece scórto un altro al nord-est. Altro esempio di variabilità; eccellenti osservatori hanno nel 1862 e 1864 osservato, nell'oceano di Klepero, un punto luminoso che avrebbe potuto essere un'isola coperta di neve. Nessuno lo ha più riveduto in seguito.

Non bisogna di certo scambiare per mutamenti reali tutte le differenze che esistono fra i varî osservatori. Così, per esempio, nel 1877, parecchî hanno veduto riuniti ad occidente i mari di Hooke e di Maraldi, mentre la separazione è rimasta visibile per gli altri; l'occhio è impressionato in diversa maniera, e si potrebbe quasi dire che, per certi dettagli, non vi sono due occhî che vedano identicamente allo stesso modo, e nemmen quasi i due occhî

di una stessa persona. Ma allorchè l'attenzione si è in special modo fissata sopra certi punti rimarchevoli che gli strumenti adoperati avrebbero dovuto rendere perfettamente visibili e quando per tal modo si accertano delle differenze che sembrano incompatibili cogli errori d'osservazione, la probabilità pende in favore della effettiva realtà dei mutamenti notati.

Di che natura sono queste variazioni? Gli è quanto l'avvenire ci dirà. Non potremmo presentemente emettere che delle vaghe congetture a questo riguardo. Ma, qualunque esse siano, esse non tolgono che le principali configurazioni della geografia marziale non siano permanenti, e per conseguenza reali, e di esser visti attualmente quali le hanno viste e disegnate i nostri padri, or son più di due secoli.

Facciamo un'altra osservazione non meno interessante. Questo pianeta vicino sembra avere assai meno nuvole di quello che noi abitiamo. E in vero

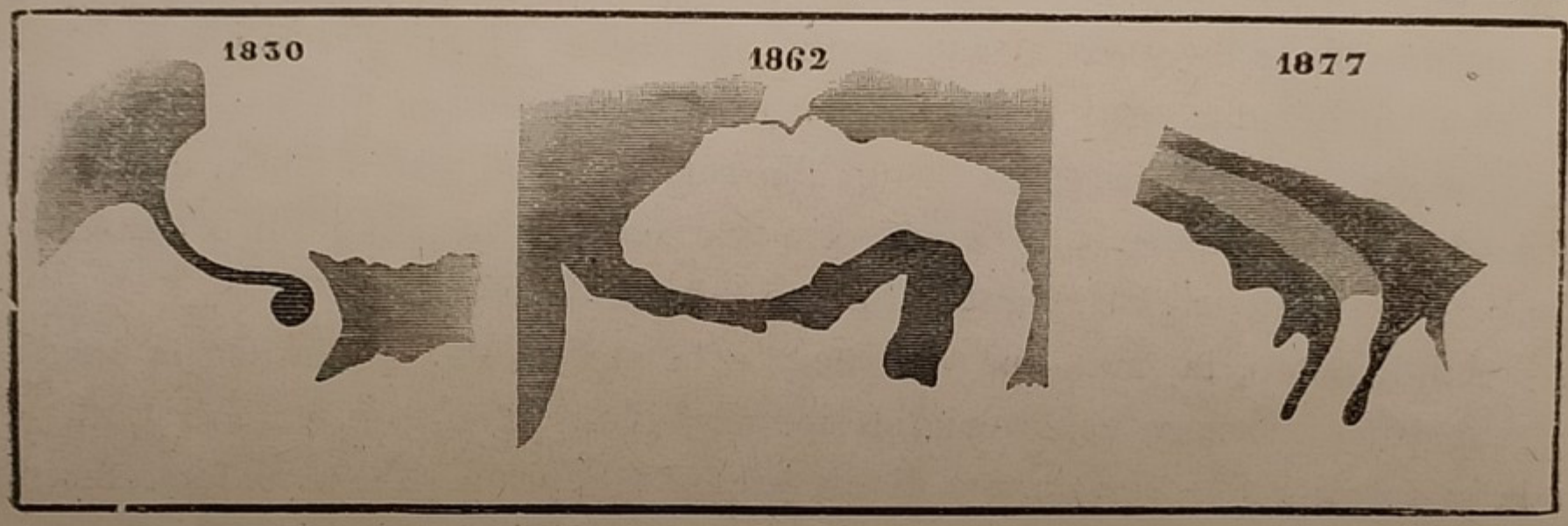


Fig. 217. — Variazioni probabili nei mari di Marte. Il golfo Kaiser nel 1830, 1862 e 1877.

dal mese d'agosto 1877 al marzo 1879 non ve ne abbiam quasi veduta una sola (1).

---

(1) V'ha qui una grande antitesi col nostro globo, poichè vi sono degli anni in cui non siamo proprio affatto privi di nuvole, quali furono il 1878 e 1879. In un anno intero, dal mese d'agosto 1878 allo stesso mese del 1879, abbiamo avuto a Parigi 167 giorni in cui piovve, e soltanto 37 giorni di cielo sereno o poco nuvoloso; 37 giorni propizi agli astronomi. Sull'emisfero australe di Marte era assolutamente l'opposto all'epoca dell'ultima opposizione. Si è potuto osservare il pianeta tutte le volte che da noi faceva bello. Non bisogna infatti dimenticare che a render possibile l'osservazione della geografia marziale si richiedono prima d'ogni altra cosa, due condizioni: bisogna che faccia bello da noi e che la nostra atmosfera sia limpida, e bisogna *che faccia bello sopra Marte*, altrimenti non potremmo penetrare collo sguardo il suo strato di nubi, come non possiamo farlo stando in pallone per le nuvole che ci nascondono i paesaggi terrestri. Ebbene, la cosa è rimarchevole che sopra Marte siano scorsi nove mesi interi senza nubi, e ci abbiano permesso di perfezionare di molto le cognizioni geografiche che volevamo avere di questo mondo vicino.

Ci trovavamo in settembre e ottobre 1877 nel mezzo dell'estate dell'emisfero australe di Marte, allora assai pendente verso di noi, e nel mezzo dell'inverno del suo emisfero boreale, volto dall'altra parte. Tutte le nuvole sembravano cacciate su quest'ultimo emisfero. Su questo globo, ancor più che sul nostro, l'estate è la stagione dell'atmosfera pura, e l'inverno quella del cattivo tempo. Le macchie permanenti si mostrano decise, vive e distinte, durante l'estate dell'emisfero su cui si trovano; al sopraggiunger del verno esse divengono incerte, confuse e deboli; gli è senza dubbio, che l'atmosfera di Marte diventa torbida nel verno e si conserva trasparentissima in estate. Si nota anche una tal quale preferenza che hanno le nubi di formarsi sulle paludi e i bassi fondi segnati in grigio sulla carta, piuttosto che sui mari oscuri e profondi, ed è la causa senza dubbio che ritarda la precisa conoscenza che cerchiamo di procurarci della regione che separa l'oceano di Newton e l'oceano Keplero; non vi si osservano che delle zone costantemente nubilose e piovose analoghe a quelle delle calme equatoriali terrestri, in cui piove tutto l'anno.

L'esame accurato della meteorologia marziale, la misura dell'estensione mensile variabile dei ghiacci polari e quella delle variazioni annue potranno forse rendere dei grandi servigi allo stabilimento delle basi della stessa meteorologia terrestre.

La meteorologia marziale offre dunque le più curiose analogie con quella del pianeta che noi abitiamo. Per Marte come per la Terra, il Sole, infatti, è l'agente supremo del moto e della vita, e la sua azione vi determina risultati analoghi a quelli che esistono qui. Il calore fa evaporar l'acqua dei mari e l'aria calda carica di vapori s'inalza nelle altitudini dell'atmosfera; questo vapore acqueo riveste una forma visibile mercè lo stesso processo che dà origine alle nostre nuvole, vale a dire, per le differenze di temperatura e di saturazione. I venti prendono nascimento da queste stesse differenze di temperatura. Si può tener dietro alle nubi trascinate dalle correnti aeree, sui

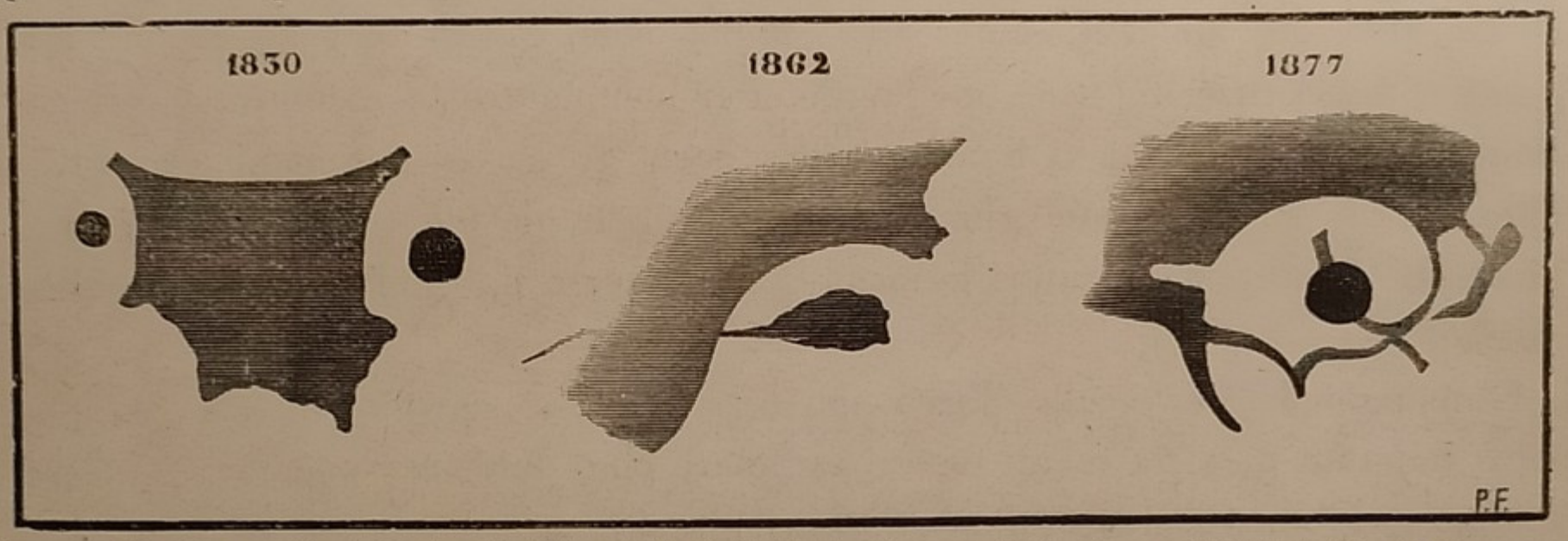


Fig. 218. — Variazioni probabili nei Mari di Marte. Il mare di Lockyer nel 1830, 1862 e 1877.

mari e i continenti, e parecchie osservazioni hanno, per così dire, già fotografate queste variazioni meteoriche. Se non si vede ancora precisamente *la pioggia cadere* sulle campagne di Marte, per lo meno la si indovina, dacchè le nuvole si sciolgono e si rinnovano. Se non si vede neppur la neve cadere, questo pure lo si indovina, poichè, come presso di noi, il solstizio d'inverno vi è immerso nelle brine. Pertanto esiste colà, come qui, una circolazione atmosferica con tutte le sue conseguenze. Ci è lecito andare ancor più oltre nelle induzioni.

In fatto, l'esistenza dei continenti e dei mari ci mostra che questo pianeta è stato, al par del nostro, il teatro di interni rivolgimenti geologici che hanno dato luogo a sollevamenti di terreni e di depressioni. Vi furono dei terremoti e delle eruzioni che modificarono la crosta originariamente piana del globo. Per conseguenza vi sono dei monti e delle valli, e delle pianure e dei bacini, dei burroni dirupati e delle scogliere. In che modo le acque pluviali tornano al mare? Per mezzo delle sorgenti, dei ruscelli e dei fiumi. La goccia d'acqua caduta dalle nubi attraversa come qui i terreni permeabili, scivola sui ter-

reni impermeabili, rivede la luce nella limpida fonte, gorgheggia nel ruscelletto, scorre nel modesto affluente e discende maestosamente nel fiume fino alla sua foce. È dunque difficile di non vedere in Marte delle scene analoghe a quelle che animano i nostri paesaggi; rivi scorrenti, saltellanti sul loro letto di ghiaje indorate dal sole; ruscelli e torrenti attraversanti i piani, o cadenti in numerose cateratte in fondo alle valli; fiumi scendenti lentamente al mare attraverso le vaste campagne. Le spiagge marittime ricevono là, come qui, il tributo di canali, e il mare vi è ora calmo come uno specchio, ora agitato dalla tempesta; esso vi è ben anco cullato, come sulla Terra, dal moto sincrono delle maree cagionate da due lune giranti rapidamente nel cielo.

Ecco dunque là nello spazio, pochi milioni di leghe lontano da noi, una terra quasi simile alla nostra, e su cui trovansi riuniti del pari che intorno a noi tutti gli elementi della vita; acqua, aria, calore, luce, venti, nuvole, pioggie, fonti, ruscelli, valli, montagne. Per completare la somiglianza, ricordiamoci che le stagioni vi hanno press'a poco la stessa intensità che sulla Terra, e che la durata del giorno vi è appena un po' più lunga della nostra. Gli è quello certamente un soggiorno poco diverso da quello che noi abitiamo.

L'analogia di Marte colla Terra non cessa dove si esamini questo pianeta sotto il punto di vista degli esseri animati che debbono popolarlo. I suoi abitanti possono considerarsi tali da avvicinarsi di più a noi per la loro conformazione. Il filosofo Kant nello scorso secolo già supponeva che possono essere classificati, in quanto al morale, nella categoria degli uomini della Terra: pensava che gli abitanti dei pianeti inferiori, Mercurio e Venere, sono troppo materiali per essere ragionevoli e non hanno probabilmente neppure la responsabilità delle loro azioni; e collocava le umanità della Terra e di Marte, in un giusto mezzo morale, nè assolutamente materiali, nè assolutamente spirituali.

« Questi due pianeti — scriveva — sono collocati in mezzo al nostro sistema planetario in modo che si può supporre senza inverosimiglianza che i loro abitanti possiedono una condizione intermedia, tanto al fisico quanto al morale, fra i due punti estremi. »

A dipingere la perfezione e la felicità cui godevano gli abitanti dei pianeti superiore, da Giove sino ai confini del sistema, Kant cita due versi di Haller che tradotti suonano così:

« Gli astri sono forse il soggiorno degli spiriti glorificati; a quel modo che qui il vizio regna, colà è sovrana la virtù. »

Ma codeste sono argomentazioni puramente speculative. Noi manchiamo affatto di base per giudicare dello stato intellettuale delle umanità planetarie.

Tutto ciò che noi possiamo pensare, è questo, che il morale essendo in rapporto col fisico (1), più rozzo è il pianeta, tanto meno sviluppata dev'esservi la facoltà senziente, di guisa che senza dubbio gli abitanti di Mercurio e di Venere possono essere infatti meno « intelligenti » di noi. D'altra parte, le umanità progrediscono col tempo, e Marte essendosi formato prima della Terra ed essendosi raffreddato più presto, deve essere più avanzato sotto tutti i punti di vista. È senza dubbio giunto al suo apogeo, laddove noi non siamo tuttavia che ragazzi che giuocano seriamente alla trottola.

Gli studî della moderna fisiologia dimostrano scientificamente che il corpo umano è il prodotto del pianeta terrestre: il suo peso, la sua statura, la densità de' suoi tessuti, il peso e il volume del suo scheletro, la durata della sua vita, i periodi di attività e di sonno, la quantità di aria che respira e di nutrimento che egli si assimila, tutte le sue funzioni organiche, *tutti gli elementi della macchina umana sono organizzati pel pianeta.* La capacità dei nostri polmoni e la forma del torace, la natura della nostra alimentazione e la lunghezza del tubo digerente, il moto e la forza delle gambe, la vista e la costruzione dell'occhio, ecc., tutti i dettagli del nostro organismo, tutte le funzioni del nostro essere sono in relazione intima, assoluta, permanente, col mondo in mezzo al quale viviamo.

Ora, la densità media dei materiali che compongono questo pianeta è inferiore a quella dei materiali del nostro; esso è di $\frac{71}{100}$. D'altra parte, il peso dei corpi alla sua superficie è estremamente lieve. Pertanto, se l'intensità della gravità terrestre si rappresenta con 100, non è che di 37 alla superficie di Marte: è la *più debole* che si possa trovare su tutti i *pianeti* del sistema. Ne risulta che un chilogrammo terrestre trasportato colà non peserebbe che 374 grammi. Un uomo del peso di 70 chilogrammi sarebbe ridotto a 26: e non si stancherebbe percorrendo cinquanta chilometri di strada, più di quello che si stanchi nel percorrerne venti sulla Terra (2).

---

(1) Trovo speciosa questa argomentazione quando considero che nelle condizioni attuali del nostro pianeta, si può asserire che il grado d'intelligenza, di sensibilità e di civiltà de' suoi abitatori sembra decrescere coll'inoltrarsi di quelle regioni del globo dove è più rigogliosa la natura e son più miti i climi. Confrontiamo le popolazioni delle floride regioni della zona equatoriale con quelle delle zone temperate e fredde dei nostri continenti, e vedremo che là dove è meno felice la terra tanto più grande e rapido fu lo sviluppo delle intelligenze e delle industrie e il progresso morale. IL TRAD.

(2) Risalendo alla formazione della serie zoologica, si può concepire che la gravità abbia esercitato una influenza di un altro ordine sulla successione della specie. Mentre qui la grande maggioranza delle razze animali è rimasta inchiodata alla superficie del suolo dall'attrazione terrestre, che un piccolo numero ricevette il privilegio delle ali e del volo, è assai probabile che in ragione della disposizione affatto particolare delle cose, la serie zoologica marziale siasi svolta di preferenza colla successione delle specie alate. La conclusione naturale è questa che le specie animali superiori vi possono esser provviste di ali. Sulla nostra sfera sublunare, l'avoltojo e il condor sono i re del mondo aereo; lassù le grandi razze vertebrate e la stessa razza umana, che ne è la risultante e l'ultima espressione, hanno dovuto acquistare il privilegio degnissimo d'invidia di godere della locomozione aerea. Il fatto è tanto più probabile in quanto che alla poca energia della gravità s'aggiunge l'esistenza di un'atmosfera analoga alla nostra.

Il complesso di tutte queste considerazioni ci invita dunque a pensare che la popolazione marziale è assai diversa dalla popolazione terrestre. Ma, d'altra parte, la vita terrestre è essa stessa tanto omogenea? Non trovansi in certe contrade dei vegetali e degli animali assolutamente differenti da quelli che noi conosciamo in Europa? L'Australia non ha dessa confuso tutte le nostre antiche idee? In che mondo vi credereste voi se vi trovaste dinanzi lo strano paesaggio rappresentato nel disegno della pagina seguente? Che cosa sono quegli alberi senza foglie e senza fiori, quelle pietre stranamente scolpite, quei cavalieri cacciatori? — È un paesaggio del Colorado, paese degli Aztechi, e pure non abbiamo lasciato la Terra.

Questo mondo e quest'umanità debbono essere più avanzati e senza dubbio più perfetti di noi. Se si ammette che i corpi celesti sono stati formati mercè la condensazione e l'agglomerazione consecutive di molecole primitivamente sparse in uno spazio immenso, i principî della teoria meccanica del calore dimostrano che la temperatura che ne è risultata fu di 28 milioni di gradi pel Sole, di 9000 gradi per la Terra e di 2000 per Marte. Se si aggiunge che Marte ha dovuto staccarsi dalla nebulosa solare molti milioni di secoli prima della Terra, se ne conchiuderà con una grande apparenza di probabilità, che questo mondo deve essere attualmente raffreddato fino al suo centro e che la sua superficie non deve più andar soggetta come quella della Terra all'influenza delle forze geologiche interne, che continuano a sollevare i nostri terreni e modificare le nostre spiaggie.

Una gran parte delle acque sembra essere assorbita, e la forma angusta ed allungata dei mari sembra indicare il fondo dei letti antichi. Quanto sarebbe per noi interessante il fare un viaggio fin là!... Intanto perfezioniamo i nostri telescopî.

Però, i progressi dell'ottica fanno attualmente già discendere questo mondo alla portata della nostra analisi (1). Ma uno dei fatti più nuovi e più interessanti del suo studio, è sempre la scoperta testè fatta de' suoi due satelliti,

---

(1) Quali sono gli oggetti i più piccoli che nello stato attuale dell'ottica noi possiam distinguere alla superficie di Marte? È questa una questione interessante che venne da poco risolta in parte delle osservazioni di Schiapparelli. Il suo cannocchiale, il cui objettivo misura 218 millimetri di diametro, armato di oculari che ingrandiscono, uno 322, l'altro 468 volte, e che misura metri 3,25 di lunghezza, gli ha permesso di distinguere: 1.° delle macchie luminose sopra un fondo oscuro e delle macchie oscure su un fondo luminoso, misuranti un mezzo secondo; 2.° delle linee luminose sopra fondo oscuro di un solo quarto di secondo, e 3.° delle linee scure su fondo luminoso misuranti pure un quarto di secondo. Ne risulta che, quando le condizioni atmosferiche sieno eccellenti, si distinguono delle macchie il cui diametro non è che la cinquantesima parte di quello del pianeta, vale a dire, di 137 chilometri. La Sicilia, i grandi laghi dell'Africa centrale, l'isola di Ceylan, l'Islanda vi sarebbero visibili. Del pari, una linea la cui larghezza non fosse che un centesimo del diametro del pianeta, o di 70 chilometri, vi si potrebbe discernere; vi distinguerebbero dunque l'Italia, l'Adriatico, il mar Rosso, ecc. — Invece di continuare il duello fra i cannoni di 80, di 100, di 150 tonnellate e le piastre da corazzamento, non sarebbe miglior pensiero il sospendere un momento questo spreco inutile di centinaja di milioni pagati dai contribuenti, e di consacrarne la centesima parte a tentativi capaci di aprirci i divini secreti della natura?

Noi ora sappiamo che questo mondo naviga nello spazio accompagnato da due piccole lune. La loro scoperta, affatto recente, fu fatta nel 1877 dal signor Asaph Hall all'Osservatorio di Washington, col sussidio del più gran canocchiale che siasi finora costrutto. Essa non è dovuta al caso come quella

Fig. 219. — In che mondo vi credereste voi, se vi trovaste dinanzi un paesaggio cotanto strano?...

di un gran numero di planetoidi e di comete, ma fu il risultato di una ricerca sistematica. La maggior parte degli astronomi si erano abituati, al paro della comune dei profani, a leggere nei libri classici la frase ordinaria: « Marte non ha satelliti; » tuttavia alcuni, dubitando di questa affermazione, conti-

nuavano a cercare di sorprendere i segreti della natura, che ne conserva sempre più che non se ne lasci rapire. Si eran già scandagliate le vicinanze di Marte, ma gli strumenti di cui erasi fatto uso erano ben addietro dal nuovo Equatoriale di Washington, il cui objettivo non misura meno di 66 centimetri di diametro, la cui lunghezza totale è di 10 metri, e la cui potenza ottica permette degli ingrandimenti di 1300 volte, mentre è mosso da un meccanismo della maggior precisione. Col mezzo di questo eccellente strumento, l'insigne astronomo americano intraprese un diligente esame dei dintorni di Marte, fin dal principio dell'agosto 1877, a fine di osservare assiduamente questo pianeta vicino durante l'epoca favorevole della sua massima vicinanza alla Terra. Ebbe la fortuna di scoprire un satellite durante la notte dell' 11, ed un secondo nella notte del 17.

Questa notizia fu ricevuta come un colpo di fulmine dagli astronomi. La metà almeno rimase incredula fino a più ampia informazione.

La prima cura fu naturalmente quella di verificare il fatto; ma otto giorni non erano scorsi che già la maggior parte degli Osservatorî d'America e di Europa avevano puntato i loro migliori strumenti verso il medesimo sito del cielo, e riconosciuta l'esistenza, se non d'entrambi i satelliti almeno del più lontano, che è il meno difficile a scorgersi. Oggi questi due nuovi mondi furono sufficientemente osservati, perchè i loro elementi astronomici abbiano potuto esser determinati. Ecco la loro posizione:

Girano intorno a Marte press'a poco nel piano del suo equatore;

Le loro orbite sono quasi circolari;

Il satellite più lontano compie la sua rivoluzione in 30 ore e 18 minuti;

Il satellite più vicino in 7 ore e 39 minuti;

La distanza del più lontano dal centro di Marte è di 32″ 5;

La distanza del più vicino è di 13″ 0;

Il diametro di Marte è di 9″ 57.

Se noi traduciamo in chilometri questi ultimi tre valori, otteniamo:

Diametro di Marte	chilom.	6760
Distanza del satellite esterno	»	20 116
» » interno	»	6051

Queste distanze sono contate, non a partire dal centro di Marte, ma dalla superficie. Dunque, dal suolo del pianeta a raggiungere la prima luna di Marte, non corrono che 6051 chilometri, e 20 mila chilometri per raggiungere la seconda, mentre dalla Terra alla Luna (da centro a centro) si contano 384 mila chilometri. Fra la prima luna di Marte e la superficie del pianeta non v'ha nemmeno il posto necessario per supporvi un secondo globo di Marte, laddove vi vorrebbero ventinove globi terrestri per gettare un ponte da qui alla Luna.

Ho rappresentato sulla figura qui presso questo piccolo sistema di Marte, disegnato sulla scala precisa di 1 millimetro per 1 secondo. È facile rendersi conto della differenza che passa fra esso e il sistema terrestre, osservando che, se questo globo di Marte rappresentasse la Terra, noi dovremmo, nella stessa scala, collocare la Luna alla distanza di 28 centimetri.

Ecco dunque un sistema ben differente da quello della Terra e della Luna. Ma il fatto più strano ancora è la rapidità con cui il primo satellite di Marte gira intorno al suo pianeta. Questa rivoluzione effettuasi in 7 ore, 39 minuti, benchè il globo di Marte ruoti sopra sè stesso in 24 ore e 37 minuti, vale a dire che quella luna circola molto più prestamente di quel che il pianeta medesimo ruoti; questo fatto è in contraddizione con tutte le idee che noi abbiam potuto farci finora sulla legge della formazione dei corpi celesti.

Pertanto, mentre il Sole sembra girare nel cielo dei cittadini di Marte in una lunga giornata di più di ventiquattro ore, la prima luna ha fatto la sua rivoluzione intera in un terzo di giorno. Ne risulta ch'*essa si leva a ponente e tramonta a levante!* Essa passa sotto la seconda luna, la eclissa di quando in quando e percorre tutte le sue fasi in 11 ore, non durando ogni quarto nemmeno tre ore. Che mondo singolare!

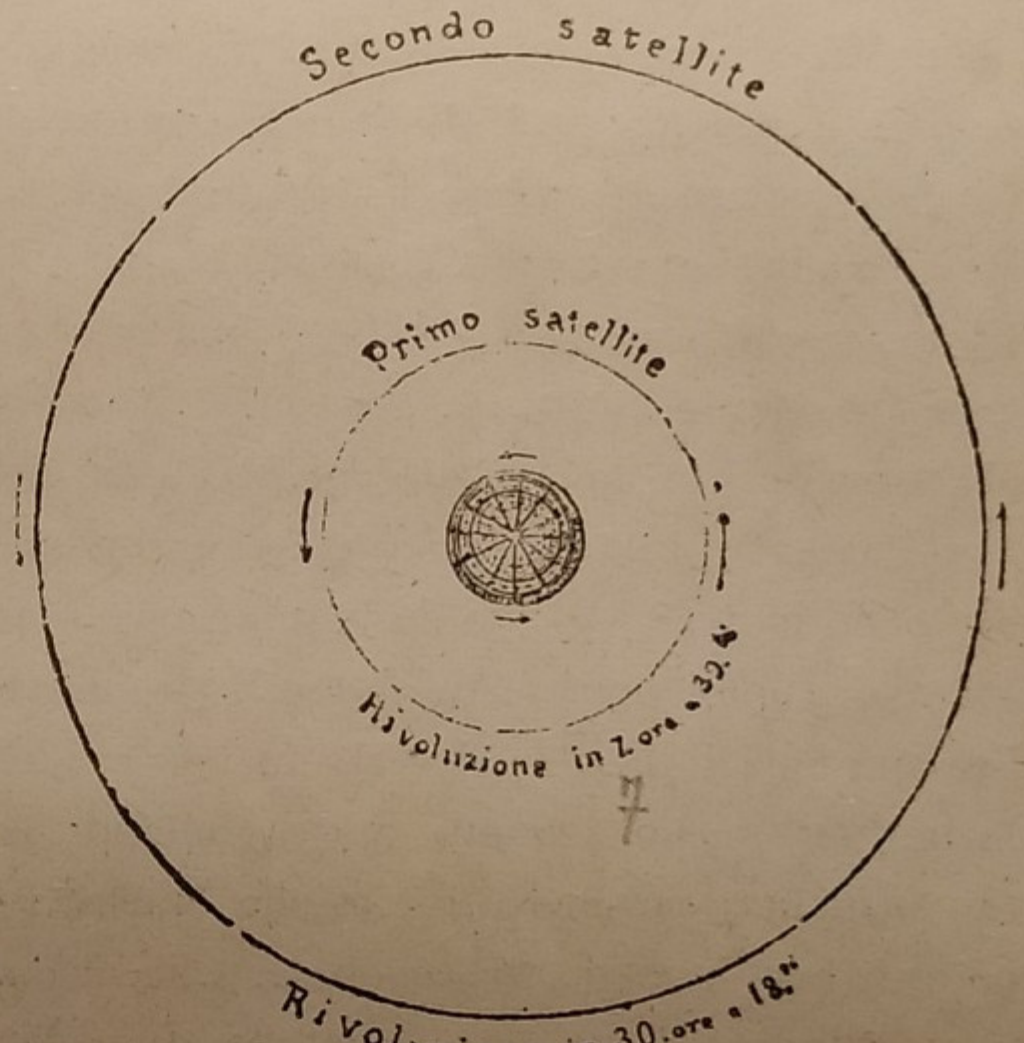


Fig. 220. — Il sistema di Marte.

Questi satelliti sono piccolissimi; sono i corpi celesti più piccoli che conosciamo. Lo splendore del pianeta impedisce di misurarli esattamente. Sembra tuttavia che il più vicino sia il più grosso e presenta lo splendore di una stella di 10ª grandezza, mentre il secondo appare come una stella di 12ª grandezza. Dietro le più sicure misure fotometriche, il primo può avere un diametro di 12 chilometri, e il secondo di 10. *Il più voluminoso di questi due mondi è appena più largo di Parigi.* Dobbiamo noi « onorarli » del titolo di mondi? Non sono nemmeno dei continenti terrestri, nemmeno degli imperi, nemmeno dei regni, nemmeno delle provincie, nemmeno dei dipartimenti. Alessandro, Cesare, Carlomagno, Napoleone, poco si curerebbero di averne lo scettro. Gulliver se ne servirebbe per giuochi di prestidigitazione... Però chi sa! La vanità degli uomini essendo generalmente in ragione diretta della loro mediocrità, i microscopici miti ragionanti che formico-

lano senza dubbio sulla loro superficie hanno forse anch'essi delle armate permanenti che si sbranano vicendevolmente pel possesso di un granello di sabbia (1).

Questi due piccoli mondi hanno ricevute dal loro scopritore i nomi di *Deimos* (Terrore) e *Fobos* (Fuga), in ricordanza dei due versi dell'*Iliade* di Omero (Lib. XV), che dipingono Marte in atto di scender sulla Terra per vendicar la morte di suo figlio Ascalafo: *Fobos* è il nome del più vicino; *Deimos* quello del più lontano.

L'analogia aveva già fatto sospettare l'esistenza di questi piccoli globi e i pensatori avevano spesso ripetuto che, poichè la Terra ha un satellite, Marte ne doveva avere due, Giove quattro, Saturno otto, ed è infatti quello che accade. Ma, siccome nella pratica si esperimenta troppo spesso l'insufficienza di questi ragionamenti di logica puramente umana, non si attribuiva loro maggior valore di quanto ne posseggano realmente. Noi potremmo oggi allo stesso modo supporre che il pianeta Urano abbia 16 satelliti e Nettuno 32. È possibile; ma non se ne sa nulla, e non si ha neppure il diritto di considerare come probabile questa progressione. Non è meno curioso a leggersi il passo seguente scritto da Voltaire nel 1750 in quel suo capolavoro del *Micromégas*.

« Partendo da Giove, i nostri viaggiatori attraversarono uno spazio di circa cento milioni di leghe e costeggiarono il pianeta Marte videro *due lune* che servono a quel pianeta, e che sfuggirono agli sguardi dei nostri astronomi. So bene che il P. Castel scriverà contro l'esistenza di queste due lune; ma io me ne appello a quelli che ragionano per analogia. Questi buoni filosofi sanno quanto sarebbe difficile che Marte, il quale è tanto lontano dal Sole, potesse fare a meno di due lune. Checchè ne sia, i nostri viaggiatori le trovarono tanto piccole che temettero di non trovarvi posto per dormire, e continuarono il loro cammino. »

Ecco, senza verun dubbio, una profezia abbastanza chiara, pregio rarissimo in questa sorta di scritti. Il romanzo astronomo-filosofico del *Micromégas* fu considerato come una imitazione di Gulliver. Apriamo il capolavoro dello stesso Swift, scritto verso il 1720, e potremo leggere testualmente al capitolo III del viaggio a Laputa:

« Gli astronomi di questo paese passano la maggior parte della loro vita a osservare i corpi celesti col mezzo di istrumenti molto superiori ai nostri. Avendo spinto le loro scoperte molto più lungi di noi, contano 10 000 stelle

---

(1) Il fatto d'esser questi satelliti rimasti ignoti per tanto tempo potrebbe far sospettare ch'essi siano di recente formazione. È possibile, ma non probabile; si può dir di questi come dei planetoidi e del pianeta di Sirio. L'esserne recentissima la scoperta non significa che siano di recente formazione. — Aggiungerò che questa scoperta è dovuta ad una insistenza tutta femminile. Dopo aver cercato indarno per parecchie sere l'astronomo vi aveva rinunziato, quando la signora Hall lo pregò di cercare ancora un poco... Ed egli trovò.

fisse, mentre i nostri calcoli più larghi non vanno che al terzo di questa cifra. Inoltre, *hanno scoperto due stelle inferiori o satelliti che girano intorno a Marte*, e il più prossimo dei quali trovasi a una distanza dal centro di questo equivalente a 3 volte il suo diametro, e îl più discosto ad una distanza di 6 volte lo stesso diametro. La rivoluzione del primo si compie in 10 ore, e in 21 ore quella del secondo, di guisa che i quadrati dei tempi stanno in ragione dei cubi delle distanze, ciò che prova ch'essi sono governati dalla stessa legge di gravitazione che governa gli altri corpi celesti. »

Che dire di questa doppia predizione dei due satelliti di Marte? È innegabile che le profezie di cui si fece il maggior caso in certi ragionamenti dottrinarî non furono mai così esplicite, nè le coincidenze così meravigliose. Tuttavia è evidente che nessuno aveva mai visto questi satelliti prima del 1877, e che non v'ha in questa coincidenza che l'opera capricciosa del caso. Si può anzi notare che l'autore inglese, al pari del francese, non ha parlato così che per ironia contro i matematici, e che, fin dal 1610, ricevendo la notizia della scoperta dei satelliti di Giove, Keplero aveva scritto al suo amico Wachenfels che « non solamente l'esistenza di questi satelliti gli pareva probabile, ma che si potrebbe anche senza dubbio trovarne due a Marte, sei od otto a Saturno, e forse anche uno a Venere e a Mercurio. » Non si può di certo tralasciar di notare che qui il ragionamento per analogia si è trovato sulla retta via.

Al postutto, questa scoperta costituisce veramente uno dei fatti più importanti dell'astronomia contemporanea.

Tale è la fisiologia generale di questo pianeta vicino. L'atmosfera che lo circonda, le acque che lo inaffiano e lo fertilizzano, i raggi solari che lo scaldano e lo rischiarano, i venti che lo percorrono da un polo all'altro, le stagioni che lo trasformano, sono altrettanti elementi capaci di costituirgli un ordine di vita analogo a quello di cui è beneficato il nostro pianeta. La tenuità del peso alla sua superficie dovette modificare in modo speciale quest'ordine di vita, appropriandolo alla sua peculiar condizione. Pertanto, il globo di Marte non deve più quind'innanzi offrirsi a noi sotto l'aspetto di un masso di pietra roteante nello spazio della fionda dell'attrazione solare come una massa sterile, inerte e inanimata; ma dobbiamo vedere in esso *un mondo vivente*, abbellito di paesaggi analoghi a quelli che ci deliziano nella natura terrestre...; nuovo mondo a cui nessun Colombo approderà, ma sul quale una razza umana attualmente abita, lavora, pensa e medita al par di noi, senza dubbio, sui grandi e misteriosi problemi della Natura. Questi fratelli sconosciuti non son guari anime senza corpo o corpi senza anime, degli esseri soprannaturali o fuori del naturale, ma esseri attivi, pensanti, ragionanti come facciamo qui noi. Vivono in società, sono aggruppati in famiglie, associati in nazioni, hanno

inalzato delle città e inventato delle arti; non v'ha dubbio che il senso della vista e dell'udito colà non offrano differenze essenziali; e se ci accadesse di passare un giorno non lungi dalle loro dimore, forse ci arresteremmo stupiti della loro architettura e allettati dall'eco di melodiosi accordi che ci ricorderebbero per avventura le inspirazioni musicali dei nostri grandi maestri.... In mezzo alle varietà inerenti alle diversità planetarie e alle secolari metamorfosi dei mondi, dobbiamo pur vedere la stessa fiamma vitale accesa su tutte le terre.

Da questo vicino soggiorno, il firmamento appare lo stesso di quello che scintilla sulle nostre teste; le stesse stelle vi attraggono lo sguardo e il pensiero; le stesse costellazioni vi disegnano le loro misteriose figure. Ma se le *stelle* sono le stesse, i *pianeti* si presentano diversamente.

Giove per essi è magnifico: a loro appare una volta e mezzo più grande che a noi, e i suoi satelliti debbono essere facilmente visibili ad occhio nudo. Saturno è pure brillantissimo. Urano vi è visibile distintamente, ed hanno potuto scoprir Nettuno prima di noi. Devono aver scoperto ad occhio nudo un gran numero di planetoidi che gravitano fra la loro orbita e quella di Giove. Mercurio, prossimo al Sole e perduto ne' suoi raggi, è difficilissimo a discernersi; Venere appare loro come a noi appare Mercurio.

In quanto a *noi*, come ci veggon essi?

L'orbita terrestre essendo interna rispetto a quella di Marte, la Terra non può essere per Marte una stella della notte, come per Mercurio e per Venere, ma soltanto una stella del mattino e della sera. La sua maggior elungazione ha luogo quando forma un angolo retto col Sole in vicinanza al suo afelio, mentre Marte è nel suo perielio (osservare la fig. 211). L'angolo formato da questa posizione è di 48°. Noi siamo allora per questo pianeta una stella brillante che presenta lo stesso aspetto di Venere per noi, precedendo l'aurora e seguendo il crepuscolo; in una parola, noi siamo per gli abitanti di Marte la *Stella del Pastore.*

La nostra vanità naturale può dunque legittimamente pavoneggiarsi nell'idea che gli abitanti di Marte ci contemplano la sera nel loro cielo imporporato dagli ultimi raggi solari, che ci ammirano da lungi, che hanno scoperto le *nostre fasi* e quelle della Luna come noi abbiamo scoperte quelle di Venere e di Mercurio, e che senza dubbio s'imaginano essere il nostro un soggiorno di pace e di felicità... Forse ci erigono persino degli altari... Quale disillusione, se potessero esaminarci un po' più da vicino!

CAPITOLO V

I piccoli pianeti situati fra Marte e Giove.

Il primo giorno del nostro secolo, il 1.° gennajo 1801, un italiano, l'astronomo Piazzi, invaghito delle bellezze del cielo, osservava a Palermo le piccole stelle della costellazione del Toro e ne registrava con tutta esattezza le posizioni, allorchè glie ne venne avvertita una che non aveva mai veduta. La sera appresso, il 2 gennajo, puntò di nuovo il suo canocchiale sulla stessa plaga del cielo, e notò che la stella non era più nel punto in cui l'aveva vista la sera prima ed aveva retrogradato di 4′. Essa continuò a retrogradare così fino a 12, poi si fermò, e si mosse in seguito in linea diretta, vale a dire, da ovest a est. Che cosa era quella stella mobile? L'idea che potesse essere un pianeta non si affacciò subito alla mente dell'osservatore, e la scambiò per una cometa, alla stessa guisa di William Herschel quando nel 1781 scoperse Urano. Il sistema planetario pareva completamente conosciuto nei suoi membri essenziali; aggiungere ai vecchî un pianeta nuovo sarebbe stato cosa di alta importanza, laddove l'aggiungere una o più comete non poteva essere cosa di gran conseguenza.

Tuttavia, l'abile osservatore siciliano faceva parte di un'associazione che aveva appunto per iscopo la ricerca di un pianeta sconosciuto fra Marte e Giove. Fin dai primi tempi dell'astronomia moderna, Keplero aveva fatto notare la sproporzione, il vuoto che esisteva fra l'orbita di Marte e quella di Giove (lacuna che chiunque può riconoscere esaminando il piano del sistema planetario disegnato a pag. 265). Se infatti si sopprime l'orbita dei piccoli pianeti, o planetoidi, si osserva che i quattro primi pianeti, Mercurio, Venere, la Terra e Marte (guardare ancora la fig. 112), trovansi in certo modo accalcati addosso al Sole, laddove Giove, Saturno, Urano e Nettuno si estendono molto al largo nell'immensità. Abbiamo visto, a pag. 262, che la legge di Titius indicava una cifra, la cifra 28, siccome quella che non era rappresentata da verun pianeta. Questa osservazione fu fatta dal predetto scienziato nel 1772 in una sua traduzione tedesca della *Contemplazione della Natura* di Carlo Bonnet. Bode, direttore dell'Osservatorio di Berlino, fu talmente colpito dalla coincidenza, che proclamò quell'osservazione aritmetica quale una vera legge

della natura, e ne parlò tanto ch'essa è conosciuta generalmente sotto il suo nome, e venne persino organizzata una società di ventiquattro astronomi per esplorare ogni ora dello zodiaco e cercare l'incognita. Questa esplorazione sistematica non aveva per anco dato alcun risultato, quando, nel più fortuito dei casi, Piazzi vide la sua stella che camminava, e a tutta prima la credette una cometa. Ma appena ricevuta la notizia, Bode fu convinto ch'era il pianeta cercato. Il barone di Zach, che, pel suo amore alla scienza e la sua attività, era alla testa del movimento astronomico, e redigeva una corrispondenza astronomica dell'intera Europa, aveva calcolato nel 1784 l'orbita probabile dell'invisibile pianeta, ed aveva trovato la distanza 2,82 (presa per unità quella della Terra) dal Sole, e a 4 anni e 9 mesi pel periodo della sua rivoluzione. Il nuovo pianeta si trovò essere giusto alla distanza 2,77 e con quella rivoluzione, salvo una differenza di pochi giorni.

Piazzi diede al nuovo astro il nome di *Cerere*, divinità protettrice della Sicilia ai bei tempi della mitologia, e in commemorazione del fatto fece incidere la figura che riproduciamo più innanzi. L'astronomo era abate dell'ordine dei Teatini, e doveva a Pio VII la fondazione dell'Osservatorio di Palermo; ma amava Orazio e Virgilio e si ricordava della mitologia.

Colmata così colla scoperta di Cerere la lacuna che esisteva alla distanza 2,8, nessuno pensò che vi potessero esistere lassù altri pianeti, e se Piazzi l'avesse supposto, avrebbe potuto scoprire uno dopo l'altro una dozzina di piccoli corpi che navigano in quella regione. Un astronomo di Brema, Olbers, osservava Cerere nella sera del 28 marzo 1802, quando scorse nella costellazione della Vergine una stella di 7.ª grandezza che non era segnata sulla carta di Bode, di cui faceva uso. L'indomani, trovò che aveva cambiato di posto e riconobbe da ciò ch'essa era un secondo pianeta. Ma fu assai più difficile di dare a questo il diritto di cittadinanza che non al suo primogenito, perchè la lacuna essendo ormai colmata, non se ne aveva più bisogno, ed era più d'impaccio che di soddisfazione. Lo si considerò dunque come una cometa (comoda e pronta risorsa) fino al giorno in cui il suo moto provò ch'esso gravitava nella stessa plaga di Cerere, alla distanza di 2,77 e in 1685 giorni: il periodo di Cerere è di 1681 giorni. Fu battezzato col nome di *Pallade*.

Le inattese scoperte di Cerere e di Pallade invogliarono gli astronomi a rivedere i cataloghi di stelle e le carte celesti. Harding era del numero di questi zelanti revisori. Non tardò molto a trovar il premio della sua fatica. Il 1.° settembre 1804, a dieci ore di sera, vide nella costellazione dei Pesci una stella di 8.ª grandezza, che non era notata nella *Istoria celeste* di Lalande. Il 4 settembre successivo, trovò che aveva sensibilmente cambiato di posto: era un nuovo pianeta. Esso ricevette il nome di *Giunone*. La sua distanza dal

Sole è rappresentata dalla cifra 2,67 e la sua rivoluzione si effettua in 1592 giorni.

Dopo queste tre scoperte, Olbers, avvertendo che le orbite di questi pianeti s'incrociano nella costellazione della Vergine, mise innanzi l'ipotesi che essi potrebbero per avventura essere nient'altro che gli avanzi di un grande pianeta frantumato. I pianeti infatti non sono di una solidità a tutta prova, e non è guari impossibile che la Terra, per esempio, un giorno o l'altro esploda (se, come pare affermato dalla geologia, tutto l'interno del globo non è ancora che una fornace ardente), o che un urto esterno la spezzi. La meccanica mostra che, in questo caso, i frammenti devono ripassare ogni anno, vale a dire, a ciascuna delle loro rivoluzioni, pel luogo stesso ove avvenne la catastrofe. Olbers si pose d'allora a esplorare attentamente quella costellazione e vi trovò infatti, il 29 marzo 1807, un quarto piccolo pianeta a cui impose il nome di *Vesta*. La sua distanza non è che di 2,36 e la durata della sua rivoluzione non è che di 1326 giorni. È il più brillante dei piccoli pianeti, e lo si vede qualche volta ad occhio nudo (quando si sappia dov'è) come una piccola stella di sesta grandezza.

È lecito stupirsi come dopo questi splendidi principî si sia rimasti in seguito trentotto anni senza scoprire nemmeno un piccolo pianeta, giacchè non fu che nel 1845 che il quinto, *Astrea*, fu scoperto da Hencke (che non bisogna confondere coll'astronomo Encke), semplice dilettante d'astronomia, mastro di posta a Berlino, che si divertiva a costruire delle carte di stelle. La ragione principale di questo vuolsi cercare precisamente nella mancanza di buone carte celesti, giacchè per rintracciare quei piccoli punti mobili, la prima cosa a farsi è di procurarsi una carta assai precisa della regione dello zodiaco che si osserva, per riconoscere se una delle stelle osservate è in movimento. Le prime buone carte zodiacali sono quelle che si cominciarono a pubblicare nel 1830 per cura dell'Accademia di Berlino, prendendo per base le zone di Bessel continuate da Argelander. Quelle dell'Osservatorio di Parigi più perfette, non furono incominciate che nel 1854. Se, sia costruendo queste carte, sia osservando le stelle ch'esse contengono, si nota una stella nuova, due sere di osservazione bastano per far conoscere se quella stella è un pianeta. Esaminate, per esempio, la carta di stelle che abbiamo riprodotto alla pag. 357. Qualche persona profana potrebbe forse imaginarsi che i 4000 punti bianchi che la compongono siano stati messi lì alla ventura: niente affatto; ciascuno di quei piccoli punti è un sole lontano, una stella collocata precisamente al suo posto e precisamente nella sua grandezza relativa apparente. Prendete un canocchiale, dirigetelo verso questa regione del cielo, voi vi troverete esattamente tutta quella popolazione siderale. Se una di queste stelle vi pare più grande o più piccola di quello che lo sia nella carta, ciò

vuol dire che ha variato di splendore; se una manca, è segno che è scomparsa; se finalmente voi notate in questa regione del cielo una stella che non si trovi nella carta, quella stella è un pianeta.

Questi planetoidi sono tutti telescopici, invisibili ad occhio nudo ad eccezione di Vesta e qualche volta di Cerere, che talora può esser distinta da persone di vista acutissima; essi sono di 7.ª, 8.ª, 9.ª, 10.ª, 11.ª grandezza ed eziandio più piccoli, ed è anche questa una ragione per cui decorse un così lungo intervallo di tempo fra la quarta e la quinta scoperta. È probabile che tutti i piccoli pianeti di qualche importanza siano attualmente conosciuti, ma che ne resti ancora un gran numero, forse parecchie centinaja, da scoprire, il cui splendore medio non oltrepassa quello delle stelle di 12.° ordine e il cui diametro non sarebbe che di qualche chilometro. Il diametro del più voluminoso, Vesta, può valutarsi di 400 chilometri.

Hencke trovò successivamente il 5.° e il 6.° nel 1845 e nel 1847; Hind, astronomo inglese, il 7.° e l'8.° nel 1847; Graham, altro osservatore inglese, il 9.° nel 1848; De Gasparis, astronomo italiano, il 10,° e l'11.° nel 1849 e 1850, e sette altri in seguito; Hind ne scoperse ancora otto; Goldschmidt, pittore tedesco naturalizzato francese, ne ha scoperto quattordici dal 1852 al 1861 (1).

Lo *scopritore* più fecondo fu l'astronomo C.-H.-F. Peters, degli Stati Uniti: ne scoperse egli solo nientemeno che *trentaquattro!* Si può dire senza dubbio, che per trovarli basta cercarli, e che siffatta ricerca non richiede che una attenzione minuziosa e perseverante. Ma non devesi perciò esser meno riconoscenti verso tutti coloro, i quali, in un modo o nell'altro, accrescono il tesoro delle ricchezze astronomiche; è sempre un passo avanti verso la conquista dell'infinito, sia che esso sia fatto nello studio della Luna, in quello dei pianeti o in quello delle stelle doppie perdute in fondo ai cieli.

Per cogliere al passaggio un piccolo pianeta, bisogna ben tendere le proprie reti (le maglie della rete sono i quadratelli della nostra figura 167), e ci vuol per questo tutta la pazienza del pescatore alla lenza. E ben avventurati quelli che pigliano qualche cosa! Quel che importa è di scegliere bene il posto... È vecchia la storia di quel pescatore dilettante che giunge in una località ove si trova un magnifico bacino d'acqua, un vero lago, che pa-

---

(1) Egli amava appassionatamente l'astronomia, e ho trovato nelle sue carte, legatemi dalla sua famiglia, delle osservazioni numerose e delle note che mostrano quanto adorasse lo studio del cielo. La sua maggior ambizione era stata dapprima di possedere un piccolo canocchiale per fare qualche osservazione, e il più bel giorno della sua vita fu quello in cui ne trovò uno presso un rigattiere. S'affrettò a puntarlo sul cielo dal suo modesto studio d'artista situato in una delle vie più frequentate di Parigi (Via dell'Ancienne Comédie), sopra il famoso caffè Procopio. Là, *dalla sua finestra*, scoprì nel 1852, il 21° piccolo pianeta, che ricevette da Arago il nome di Lutezia; poi nel 1854 il 32° (Pomona); poi nel 1855 il 36° (Atlanta), e in seguito altri undici, sempre dalla sua finestra, dopo aver soventi volte cambiato alloggio in traccia di un'atmosfera pura, ed essersi finalmente ritirato a Fontainebleau, ove la foresta gli offriva ad ogni passo ammirabili soggetti di pittura, e dove morì nel 1866.

reva molto pescoso. Si rafferma nella sua opinione vedendo un pescatore che vi si era installato sulla riva fin dall'alba e vi stava fino al tramonto. Ciò nondimeno, il nuovo arrivato perde il suo tempo tutta la giornata malgrado la sua perizia nell'adescare. I chiozzi si ostinano per parecchî giorni a brillare per la loro assenza. Che fare? Bisogna prendere il posto di quel fortunato pescatore che è tanto assiduo al suo posto; gli bisogna ad ogni costo quel posto! L'indomani pertanto egli arriva innanzi giorno; l'altro vi era già. Il nostro eroe, naturalmente, non è più fortunato dei giorni precedenti. Punto al vivo, prende una risoluzione eroica; si munisce di provvigioni d'ogni genere tosto che il suo rivale ha lasciato il luogo privilegiato, vi si accasa, e vi

Fig. 222. — Frontispizio del Catalogo di Piazzi, ricordo della scoperta di Cerere.

passa la notte. Viene il mattino e arriva l'altro pescatore, ma il posto essendo occupato va a collocarsi più lungi. Tuttavia l'usurpatore non ha perciò miglior fortuna!... Nulla! sempre nulla! Calata la sera, il nostro uomo, lasciando il posto tanto ambito, va a trovare il suo compare e gli dice: « Confesso il mio cattivo procedere a vostro riguardo, ma voi, senza dubbio mi perdonerete quando saprete che, malgrado tutta la perizia che credo di possedere nella nostra arte e specialmente nell'adescare, non solo nulla oggi ho preso, ma non ho neppur visto un solo pesce! — Ciò non mi sorprende affatto, — gli rispose l'altro con serietà — giacchè son già *tre mesi* che vengo qui io tutti i giorni, e non ho neppur visto abboccare una volta ch'è una volta! »

Questa storia ci rammenta la critica di quel buon borghese che, dopo esser

rimasto due ore intere a guardare un pescatore che non pigliava assolutamentè nulla, si sdegnò sul serio con lui e lo redarguì con aria di superiorità: « Come avete voi la pazienza di rimaner così due ore a far niente? non avete dunque nulla nella testa voi? »

L'osservatore del cielo credesi bastantemente ricompensato quando, dopo *parecchî anni* di perseveranza, mette la mano sopra un pianeta o sopra una buona stella.

La prima cosa da farsi quando si scopre un planetoide, si è di accertare il suo movimento. Quando si posseggono almeno tre osservazioni precise alquanto lontane fra loro, si hanno tre punti dell'orbita incognita del nuovo astro, sufficienti in generale, per permettere di determinare l'orbita completa (la qual cosa richiede circa otto interi giorni di calcolazioni). L'elemento più importante è la determinazione esatta del moto diurno, che si esprime in secondi di arco: dividendo l'intera circonferenza, 360 gradi, o 21 600 minuti, ossia 1 296 000 secondi, per questo moto diurno, si ottiene la durata precisa della rivoluzione del pianeta intorno al Sole, espressa in giorni terrestri. Abbiamo veduto che le durate delle rivoluzioni sono in rapporto colle distanze (terza legge di Keplero, pag. 269); questa durata ci dà dunque la distanza, prendendo per unità quella della Terra. Se si vuole ottenere la distanza in chilometri basta moltiplicare la cifra per 148 milioni. La determinazione dell'orbita dà pure l'eccentricità, vale a dire la forma dell'ellisse percorsa dal pianeta nel suo corso, e l'inclinazione di quest'orbita sul piano in cui la Terra si muove intorno al Sole, ovvero sul piano dell'eclittica preso come piano di paragone. A questo modo fu redatto il quadro che segue. Ognuno può, esaminandolo, rendersi conto con tutta facilità del numero dei piccoli pianeti scoperti fino al 1879, della loro posizione nello spazio e dei loro movimenti.

PICCOLI PIANETI SITUATI FRA MARTE E GIOVE.

Num. d'ordine	Nomi	Distanza media	Eccentricità	Distanza massima	Distanza minima	Periodo in giorni	Longitudine del perielio	Inclinazione	Autori e date della scoperta	
1	Cerere	2.77	0.076	2.98	2.56	1681	150°	11°	Piazzi	1801
2	Pallade	2.77	0.298	3.43	2.11	1685	122	35	Olbers	1802
3	Giunone	2.67	0.257	3.35	1.98	1592	55	13	Harding	1804
4	Vesta	2.36	0.089	2.57	2.15	1326	251	7	Olbers	1807
5	Astrea	2.58	0.186	3.06	2.10	1512	135	5	Hencke	1845
6	Ebe	2.42	0.203	2.92	1.93	1379	15	15	Hencke	1847
7	Iride	2.39	0.231	2.94	1.83	1316	41	5	Hind	1847
8	Flora	2.20	0.156	2.55	1.86	1193	33	6	Hind	1847
9	Metide	2.39	0.123	2.68	2.09	1347	71	6	Graham	1848
10	Igia	3.14	0.109	3.49	2.80	2036	238	4	De Gasparis	1849
11	Partenope	2.45	0.100	2.70	2.21	1403	318	5	De Gasparis	1850
12	Vittoria	2.33	0.219	2.84	1.82	1303	302	8	Hind	1850
13	Egeria	2.58	0.087	2.80	2.35	1511	120	17	De Gasparis	1850
14	Irene	2.59	0.163	3.01	2.17	1522	180	9	Hind	1851
15	Eunomia	2.64	0.187	3.14	2.15	1570	28	12	De Gasparis	1851

Numero d'ordine	Nomi	Distanza media	Eccentricità	Distanza massima	Distanza minima	Periodo in giorni	Longitudine del perielio	Inclinazione	Autori e data della scoperta	
16	Psiche	2.92	0.139	3.33	2.52	1823	15°	3°	De Gasparis	1852
17	Teti	2.47	0.129	2.79	2.15	1420	262	6	Luther	1852
18	Melpomene	2.30	0.218	2.80	1.80	1270	15	10	Hind	1852
19	Fortuna	2.44	0.159	2.83	2.05	1393	31	2	Hind	1852
20	Massalia	2.41	0.143	2.75	2.06	1366	99	1	De Gasparis	1852
21	Lutezia	2.43	0.162	2.83	2.04	1388	327	3	Goldschmidt	1852
22	Calliope	2.91	0.101	3.20	2.62	1812	60	14	Hind	1852
23	Talia	2.63	0.231	3.24	2.02	1558	124	10	Hind	1852
24	Temi	2.13	0.124	3.52	2.75	2028	144	1	De Gasparis	1853
25	Focea	2.40	0.255	3.01	1.79	1358	303	22	Chacornac	1853
26	Proserpina	2.66	0.087	2.89	2.42	1581	236	4	Luther	1853
27	Euterpe	2.35	0.174	2.76	1.94	1313	88	2	Hind	1853
28	Bellona	2.78	0.153	3.20	2.35	1691	122	9	Luther	1854
29	Amfitrite	2.52	0.074	2.71	2.34	1491	56	6	Marth	1854
30	Urania	2.37	0.127	2.66	2.06	1330	32	2	Hind	1854
31	Eufrosine	3.14	0.223	2.85	2.45	2039	93	26	Ferguson	1854
32	Pomona	2.59	0.083	2.80	2.37	1520	193	5	Goldschmidt	1854
33	Polinnia	2.86	0.340	3.83	1.89	1768	342	2	Chacornac	1854
34	Circe	2.69	0.107	2.97	2.40	1608	149	5	Chacornac	1855
35	Leucotea	2.99	0.224	3.66	2.32	1891	202	8	Luther	1855
36	Atalanta	2.74	0.302	3.57	1.92	1661	43	19	Goldschmidt	1855
37	Fede	2.64	0.177	3.11	2.17	1570	67	3	Luther	1855
38	Leda	2.74	0.154	3.16	2.32	1660	101	7	Chacornac	1856
39	Letizia	2.77	0 111	3.08	2.46	1686	2	10	Chacornac	1856
40	Armonia	2.27	0.047	2.37	2.16	1247	1	4	Goldschmidt	1856
41	Dafni	2.76	0.270	3.51	2.02	1675	220	16	Goldschmidt	1856
42	Iside	2.44	0.226	2.99	1.89	1392	318	9	Pogson	1856
43	Arianne	2.20	0.167	2.57	1.83	1195	278	3	Pogson	1857
44	Nisa	2.42	0.151	2.79	2.06	1375	112	4	Goldschmidt	1857
45	Eugenia	2.72	0.082	2.94	2.50	1638	229	7	Goldschmidt	1857
46	Estia	2.53	0.165	2.94	2.11	1467	354	2	Pogson	1857
47	Aglae	2.88	0.130	3.25	2.50	1787	313	5	Luther	1857
48	Dori	3.11	0.071	3.33	2.89	2006	70	6	Goldschmidt	1857
49	Pale	3.08	0.235	3.81	2.36	1985	31	3	Goldschmidt	1857
50	Virginia	2.65	0.285	3.41	1.90	1577	10	3	Ferguson	1857
51	Nemausa	2.36	0.067	2.52	2.21	1329	175	10	Laurent	1858
52	Europa	3.02	0.109	3.35	2.70	1989	107	7	Goldschmidt	1858
53	Calipso	2.62	0.204	3.15	2.08	1550	93	5	Luther	1858
54	Alessandra	2.71	0.199	3.25	2.17	1629	294	12	Goldschmidt	1858
55	Pandora	2.76	0.142	3.15	2.37	1675	11	7	Searle	1858
56	Melete	2.60	0.236	3.21	1.98	1529	295	8	Goldschmidt	1859
57	Mnemosine	3.15	0.109	3.50	2.81	2047	54	15	Luther	1859
58	Concordia	2.70	0.042	2.81	2.59	1621	189	5	Luther	1860
59	Olimpia	2.71	0.117	3.03	2.40	1632	18	9	Chacornac	1860
60	Eco	2.39	0.184	2.83	1.95	1352	99	4	Ferguson	1860
61	Danae	3.98	0.162	3.47	2.50	1884	344	18	Goldschmidt	1860
62	Erato	3.13	0.173	3.67	2.59	2022	39	2	Færster e Lesser	1860
63	Ausonia	2.40	0.124	2.69	2.10	1356	270	6	De Gasparis	1861
64	Angelina	2.68	0.128	3.02	2.34	1604	126	1	Tempel	1861
65	Massimiliana	3.43	0.110	3.80	3.05	2317	261	3	Tempel	1861
66	Maja	2.65	0.165	3.09	2.21	1572	48	3	Tuttle	1861
67	Asia	2.42	0.186	2.87	1.97	1375	307	6	Pogson	1861
68	Leto	2.78	0.188	3.30	2.26	1693	345	8	Luther	1861
69	Esperia	2.98	0.170	3.49	2.47	1877	108	8	Schiaparelli	1861
70	Panopea	2.61	0.183	3.09	2.14	1544	280	12	Goldschmidt	1861
71	Niobe	2.76	0.173	3.23	2.28	1671	221	23	Luther	1861
72	Feronia	2.27	0.120	2.54	1.99	1246	308	5	Peters e Safford	1861
73	Clizia	2.66	0.042	2.78	2.55	1589	58	2	Tuttle	1862
74	Galatea	2.78	0.238	3.44	2.12	1 94	8	4	Tempel	1862
75	Euridice	2.67	0.306	3.49	1.85	1595	336	5	Peters	1862

Num. d'ordine	Nomi	Distanza media	Eccentricità	Distanza massima	Distanza minima	Periodo in giorni	Longitudine del perielio	Inclinazione	Autori e date della scoperta	
76	Freja	3.41	0.174	4.00	2.82	2299	93°	2°	D'Arrest	1862
77	Frigga	2.67	0.134	3.03	2.31	1596	60	2	Peters	1862
78	Diana	2.62	0.205	3.16	2.08	1552	121	8	Luther	1863
79	Eurinome	2.44	0.194	2.92	1.97	1395	44	5	Watson	1863
80	Saffo	2.30	0.200	2.76	1.84	1271	355	9	Pogson	1864
81	Tersicore	2.85	0.211	3.45	2.25	1760	49	8	Tempel	1864
82	Alcmena	2.76	0.221	3.38	2.15	1680	132	3	Luther	1864
83	Beatrice	2.43	0.086	2.64	2.22	1384	192	5	De Gasparis	1865
84	Clio	2.36	0.236	2.92	1.80	1327	339	9	Luther	1865
85	Io	2.65	0.191	3.16	2.15	1579	323	12	Peters	1865
86	Semele	3.11	0.210	3.76	2.46	2000	30	5	Tietzen	1866
87	Silvia	3.48	0.079	3.76	3.21	2373	335	11	Pogson	1866
88	Tisbe	2.77	0.160	3.21	2.32	1681	309	5	Peters	1866
89	Giulia	2.55	0.180	3.01	2.09	1488	353	16	Stephan	1866
90	Antiope	3.14	0.169	3.68	2.61	2035	301	2	Luther	1866
91	Egina	2.59	0.108	2.87	2.31	1522	80	2	Borrelly	1866
92	Ondina	3.18	0.102	3.51	2.86	2076	331	10	Peters	1867
93	Minerva	2.75	0.140	3.14	2.37	1669	275	9	Watson	1867
94	Aurora	3.16	0.086	3.44	2.89	2060	45	8	Watson	1767
95	Aretusa	3.08	0.144	3.52	2.63	1970	31	13	Luther	1867
96	Egle	3.05	0.140	3.48	2.62	1945	163	16	Corgia	1868
97	Cloto	2.67	0.258	3.36	1.98	1592	66	12	Tempel	1868
98	Jante	2.69	0.189	3.20	2.18	1610	148	16	Peters	1868
99	Dike	2.80	0.238	3.46	2.13	1708	241	14	Borrelly	1868
100	Ecate	3.09	0.164	3.60	2.58	1984	308	6	Watson	1868
101	Elena	2.58	0.138	2.94	2.23	1518	327	11	Watson	1868
102	Miriam	2.66	0.303	3.47	1.86	1586	355	5	Peters	1868
103	Era	2.70	0.080	2.92	2.48	1622	321	5	Watson	1868
104	Climene	3.15	0.174	3.70	2.60	2048	58	3	Watson	1868
105	Artemisia	2.37	0.175	2.79	1.96	1336	243	22	Watson	1868
106	Dionea	3.16	0.181	3.73	2.59	2051	27	5	Watson	1868
107	Camilla	3.48	0.072	3.73	3.23	2368	116	10	Pogson	1868
108	Ecuba	3.21	0.103	3.54	2.78	2102	174	4	Luther	1869
109	Felicità	2.69	0.300	3.50	1.89	1611	56	8	Peters	1869
110	Lidia	2.72	0.077	2.94	2.52	1650	337	6	Borrelly	1870
111	Ate	2.59	0.105	2.86	2.32	1525	109	5	Peters	1870
112	Ifigenia	2.43	0.128	2.74	2.12	1387	338	3	Peters	1870
113	Amaltea	2.38	0.087	2.58	2.17	1338	199	5	Luther	1871
114	Cassandra	2,67	0.140	3.05	2.30	1599	153	5	Peters	1871
115	Thyra	2.38	0.194	2.84	1.92	1340	43	12	Watson	1871
116	Sirona	2.77	0.143	3.16	2.37	1681	153	4	Peters	1871
117	Lomia	2.99	0.023	3.06	2.92	1889	49	15	Borrelly	1871
118	Deito	2.43	0.161	2.83	2.05	1391	78	8	Luther	1872
119	Altea	2.58	0.083	2.79	2.36	1516	11	6	Watson	1872
120	Lachesi	3.12	0.047	3.27	2.97	2014	214	7	Borrelly	1872
121	Ermione	3.46	0.122	3.88	3.03	2346	1	8	Watson	1872
122	Gerda	3.22	0.037	3.34	3.10	2110	209	2	Peters	1872
123	Brunilda	2.69	0.115	3.00	2.38	1613	73	6	Peters	1872
124	Alceste	2.63	0.078	2.84	2.42	1558	246	3	Peters	1872
125	Liberatrice	3.03	0.347	4.09	1.98	1660	273	5	Prosper Henry	1872
126	Velleda	2.44	0.106	2.70	2.18	1392	348	3	Paul Henry	1872
127	Giovanna	2.75	0.066	2.92	2.59	1670	123	8	Prosper Henry	1872
128	Nemesi	2.75	0.126	3.10	2.40	1667	17	6	Watson	1872
129	Antigone	2.87	0.207	3.47	2.28	1782	241	12	Peters	1873
130	Elettra	3.13	0.208	3.77	2.47	2016	21	23	Peters	1873
131	Vala	2.42	0.082	2.62	2.22	1375	259	5	Peters	1873
132	Etra	2.60	0.380	3.59	1.61	1534	152	25	Watson	1873
133	Cirene	3.06	0.137	3.48	2.64	1960	248	7	Watson	1873
134	Sofrosine	2,57	0.117	2.87	2.27	1500	68	12	Luther	1873
135	Erta	2.43	0.205	2.93	1.93	1381	320	2	Peters	1874

Num. d'ordine	Nomi	Distanza media	Eccentricità	Distanza massima	Distanza minima	Periodo in giorni	Longitudine del perielio	Inclinazione	Autori e date della scoperta	
136	Austria	2.29	0.085	2.48	2 09	1266	317°	10°	Palisa	1874
137	Melibea	3.13	0.208	3.78	2.48	1947	321	14	Palisa	1874
138	Tolosa	2.43	0.158	2.83	2.06	1380	312	3	Perrotin	1874
139	Jueva	2.81	0.051	2.96	2.67	1779	141	10	Watson	1874
140	Siva	2.71	0.216	3.32	2.14	1649	301	3	Palisa	1874
141	Luce	2.71	0.223	3.31	2.10	1591	14	12	Prosper Henry	1875
142	Polana	2.39	0.105	2.64	2.14	1374	220	2	Palisa	1875
143	Adria	2.75	0.066	2.93	2.54	1672	223	11	Palisa	1875
144	Vibilia	2.65	0.233	3.27	2.03	1578	7	5	Peters	1875
145	Adeona	2.69	0.213	3.27	2.12	1589	118	12	Peters	1875
146	Lucina	2.71	0.067	2.89	2.53	1641	216	13	Borrelly	1875
147	Protogenia	3.12	0.030	3.22	3.03	2032	26	2	Schulhof	1875
148	Gallia	2.78	0.185	3.28	2.26	1685	36	25	Prosper Henry	1875
149	Medusa	2.13	0.119	2.39	1.88	1138	247	1	Perrotin	1875
150	Nuwa	2.98	0.132	3.38	2.59	1881	357	2	Watson	1875
151	Abbondanza	2.58	0.100	2.84	2.33	1531	142	6	Palisa	1875
152	Atala	3.13	0.082	3.39	2.87	2029	84	12	Paul Henry	1875
153	Ilda	3.95	0.163	4.60	3.31	2868	285	8	Palisa	1875
154	Berta	3.22	0.100	3.54	2.90	2083	184	21	Prosper Henry	1875
155	Scilla	2.91	0.256	3.65	2.17	1816	82	14	Palisa	1875
156	Zantippo	3.04	0.261	3.84	2.24	1934	156	7	Palisa	1875
157	Dejanira	2.59	0.220	3.16	2.02	1523	110	12	Borrelly	1875
158	Coronide	2.99	0.292	3.86	2.12	1777	57	1	Knorre	1876
159	Emilia	3.13	0.116	3.49	2.76	2018	101	6	Paul Henry	1876
160	Una	2.73	0.061	2.90	2.57	1669	191	4	Peters	1876
161	Athor	2.38	0.133	2.69	2.06	1336	313	9	Watson	1876
162	Laurenzia	3.02	0.169	3.51	2.52	1920	146	6	Prosper Henry	1876
163	Erigone	2.35	0.149	2.71	2.00	1320	93	5	Perrotin	1876
164	Eva	2.64	0.347	3.56	1.73	1563	359	24	Paul Henry	1876
165	Loreley	3.13	0.073	3.36	2.90	2020	224	11	Peters	1876
166	Rodope	2.69	0.239	3.37	2.07	1608	31	12	Peters	1876
167	Urda	3.22	0.312	4.22	2.22	2109	33	2	Peters	1876
168	Sibilla	3.38	0.067	3.60	3.15	2267	6	5	Watson	1876
169	Zelia	2.35	0.131	2.67	2.05	1322	326	5	Prosper Henry	1876
170	Maria	2.55	0.065	2.72	2.38	1488	99	14	Perrotin	1877
171	Ofelia	3.13	0.121	3.52	2.76	2028	143	3	Borrelly	1877
172	Bauci	2.38	0.113	2.65	2.11	1341	329	10	Borrelly	1877
173	Ino	2.74	0.205	3.30	2.18	1661	13	14	Borrelly	1877
174	Fedra	2.86	0.151	3.29	2.43	1770	253	12	Watson	1877
175	Andromaca	3.50	0.349	4.72	2.28	2390	293	4	Watson	1877
176	Idunna	3.18	0.163	3.70	2.66	2072	22	22	Peters	1877
177	Irma	2.79	0.247	3.48	2.10	1701	12	1	Paul Henry	1877
178	Belisana	2.46	0.127	2.77	2.15	1408	278	2	Palisa	1877
179	Clitennestra	2.98	0.107	3.30	2.66	1875	355	8	Watson	1877
180	Garonna	2.73	0.177	3.02	2.44	1647	134	0	Perrotin	1878
181	Eucari	3.12	0.220	3.81	2.43	2015	95	19	Cottenot	1878
182	Elsbeth	2.41	0.184	2.85	1.97	1368	55	2	Palisa	1878
183	Istria	2.81	0.356	3.81	1.81	1725	45	27	Palisa	1878
184	Dejopea	3.18	0.078	3.43	2.93	2073	172	1	Palisa	1878
185	Eunice	2.74	0.127	3.09	2.39	1656	16	23	Peters	1878
186	Celuta	2.36	0.148	2.71	2.01	1331	332	13	Prosper Henry	1878
187	Lamberta	2.73	0.232	3.36	2.10	1648	212	11	Coggia	1878
188	Menippo	3.03	0.297	3.92	2.14	1932	311	11	Peters	1878
189	Ftia	2.45	0.035	2.54	2.36	1401	6	5	Peters	1878
190	Ismene	3.89	0.147	4.46	3.32	2805	113	6	Peters	1878
191	Kolga	2.91	0.095	3.19	2.63	1813	28	11	Peters	1878
192	Nausicaa	2.40	0.241	2.98	1.82	1359	10	7	Palisa	1879
193	Ambrosia	.....	.....	.....	.....	.....	....	...	Coggia	1879
194	Procne	2.63	0.239	3.26	2.00	1554	318	18	Peters	1897
195	Euriclea	2.87	0.092	3.13	2.61	1778	107	7	Peters	1879

Num. d'ordine	Nomi	Distanza media	Eccentricità	Distanza massima	Distanza minima	Periodo in giorno	Longitudine del perielio	Inclinazione	Autori e date della scoperta	
196	Filomela	3.08	0.020	3.14	3.02	1976	75°	7°	Peters	1879
197	Arete	2.74	0.162	3,18	2.04	1656	325	9	Knorre	1879
198	Ampella	2.48	0,248	3.09	1.87	1425	357	9	Borrelly	1879
199	Bibli	3.20	0.162	3.82	2.58	2096	261	15	Palisa	1879
200	Dinamene	2.71	0.133	3.10	2 38	1654	47	7	Peters	1879
201	Penelope	2.68	0.182	3.17	2.19	1599	334	6	Palisa	1879
202	Criseide	3.07	0.094	3.36	2.78	1970	134	9	Peters	1879
203	Pompeja	2.74	0.055	2.89	2.59	1658	49	3	Peters	1879
204	Callisto	2.67	0.173	3.13	2 21	1592	256	8	Palisa	1879
205	. . . . .	2.69	0.125	3.02	2.36	1610	31	8	Peters	1879

All'epoca in cui scrivo (1879) gli ultimi planetoidi scoperti non sono ancora calcolati, e non hanno ancora ricevuto alcun nome.

I nomi dati a questi piccoli astri furono da principio scelti fra l'armata mitologica delle divinità della terra e del cielo antichi; ma, prima ancora che la loro lista fosse esaurita, certe circostanze scientifiche, od anche nazionali o politiche, fecero scegliere di preferenza dei nomi più moderni; per tal modo l'11° scoperto a Napoli ricevette il nome di Partenope; il 12° scoperto in Inghilterra, quello di Vittoria; il 20° quello di Massalia; il 21° quello di Lutezia; il 25° quello di Focea, prima ancora che Urania fosse rimessa in cielo; il 45° fu denominato in onore della moglie di Napoleone III; il 54° in onore dell'illustre Alessandro di Humboldt ecc. L'87°, il 107°, il 141°, il 154° e il 169°, furono battezzati ad onore ad un giovane astronomo che consacrava i suoi migliori anni al culto dell'astronomia ed all'apostolato di questa scienza sublime.

Di tutti questi piccoli pianeti quello che finora fu riconosciuto come il più vicino al Sole è il 149°, Medusa, la cui distanza è 2,13, vale a dire che è lontana dal Sole soltanto due volte circa quanto la Terra, e il più lontano è il 153°, Ilda, la cui distanza è 3,95, cioè quasi quattro volte quella della Terra.

Pertanto la zona che si estende fra le orbite dei due pianeti estremi è di 3,95—2,13, ossia di 1,82, vale a dire 1,82 37 000 000=67 340 009 leghe.

La distanza media di Marte è 1,52. Non v'ha dunque fra l'orbita di Marte e quella di Medusa che la distanza 2,13 — 1,52 = 0,61, ossia 22 milioni di leghe (22 milioni [illegible]4 di chilometri). D'altra parte la distanza media di Giove è 5,20. Vi ha dunque fra l'orbita di Ilda e quella di Giove soltanto la distanza pari a 5,20— 3,95=1,25, pari a 46 milioni di leghe.

Se noi considerassimo le eccentricità delle orbite, giungeremmo a maggiori *vicinanze*, e ne troveremmo ben anche uno che si avvicina al Sole più di Marte stesso (1).

---

(1) L'eccentricità dell'orbita del 132°, Etra, sale fino a 0,38, vale a dire fino a quasi quattro decimi o a più di un terzo della distanza media. Questa essendo di 2,6025, l'eccentricità effettiva è dunque di 2,6025

Un incontro materiale, un urto, sarebbe difficile realizzarsi, ma non è impossibile. I piccoli pianeti si muovono nello stesso verso di Marte e Giove.

In questo caso, l'attrazione di Marte o quella di Giove, combinata col movimento del planetoide, ne farebbe un satellite che senza dubbio finirebbe col cader del tutto; in tutti i casi ciò dovrebbe arrecare le più gravi perturbazioni.

Un gran numero di questi piccoli astri si fanno notare per la loro forte eccentricità, come si deduce dal quadro precedente, e per la grande obliquità delle loro orbite rispetto al piano dell'eclittica, obliquità tanto forte che alcuni di essi escono dallo zodiaco; così, Pallade s'allontana dall'eclittica di 34 gradi, Eufrosina si allontana di 49 gradi al nord e al sud dell'equatore. Tutte queste orbite sono talmente intrecciate fra loro, che, come diceva d'Arrest, se fossero dei cerchî materiali, si potrebbe, pigliandone uno a caso, sollevare tutti gli altri.

Per renderci conto della distribuzione effettiva di questi piccoli pianeti, ci bisognerebbe, valendoci del precedente quadro, fare una lista nella quale fossero collocati nell'ordine delle loro distanze dal Sole, e tener conto in essa delle lacune come degli aggruppamenti che può presentare la loro rispettiva posizione.

Un siffatto specchio fu appunto fatto da un dotto geometra, il generale Parmentier; ma ci duole di non poterlo presentare in questa edizione ai nostri lettori, perchè a cagione del formato il carattere dei numeri, dei nomi e dei pianeti riescirebbe così esiguo da renderli quasi illeggibili.

Il maggior aggruppamento si trova, consultando il detto specchio che abbiamo sott'occhio, fra le distanze 2,58 a 2,78 vale a dire verso 2,68; un secondo si trova verso 3,13; un terzo da una parte e dall'altra di 2,41. Una enorme lacuna intercorre fra le distanze 3,50 e 3,89; ma essa può non essere reale, ed esser dovuta alla distanza. Una lacuna più certa si trova fra 3,22 e 3,38, ed un'altra ancora più certa, fra 2,47 e 2,53.

La figura 223 rappresenta le orbite più importanti dei piccoli pianeti: 1.° Quello di Medusa, la più vicina al Sole; 2.° quella di Ilda, la più lontana;

× 0,38 o di 0,989, quasi 1, quasi la distanza dalla Terra al Sole! quasi 37 milioni di leghe! Ne risulta che al suo perielio questo pianeta si avvicina fino a 2,6025 — 0,9890, o 1,6135.

D'altra parte l'eccentricità dell'orbita di Marte è di 0,093, e per conseguenza Marte s'allontana dal Sole al suo afelio fino a 1,5237 × 0,093, o 0,141 al di là della sua distanza media, vale a dire fino ad 1,6647 *più lontano* del perielio del piccolo pianeta Etra. Se dunque l'afelio di Marte si trovasse nella stessa regione del cielo in cui si trova il perielio di questo planetoide, i due globi potrebbero incontrarsi. Ora si dà il caso, che il perielio del piccolo pianeta cade alla longitudine di 152°, e l'afelio di Marte a 153° di longitudine; se le due orbite fossero nel medesimo piano, i due pianeti si sarebbero senza dubbio già incontrati o s'incontrerebbero fra breve, giacchè la posizione del perielio come quella dell'afelio si sposta d'anno in anno; ma le due orbite sono inclinate l'una all'altra di 26° circa e rimane un angolo di 14° a 15° di distanza all'istante in cui sarebbe possibile l'incontro. Giusta l'osservazione del mio dotto amico l'ingegnere Courbebaisse, i due pianeti passeranno alla massima vicinanza fra loro nel dicembre 1960. — Questo planetoide è singolare davvero; esso taglia al suo afelio anche l'orbita dell'ultimo, Ilda.

3.° quella di Etra che fra tutte giunge più presso al Sole al suo perielio, ed entra nell'orbita di Marte; 4°. quella di Polinnia, una delle più eccentriche, dopo la precedente; 5.° in linee punteggiate le tre zone di massima condensazione. Si vede al centro la piccola orbita annua che noi percorriamo intorno allo stesso focolare solare: la Terra passa al suo perielio il 1° gennajo; al 21 marzo il Sole si projetta sul punto celeste che segna l'equinozio di primavera, punto *zero*, scelto per origine dei gradi (di longitudine e di ascensione retta); il perielio di ogni pianeta è stato collocato precisamente alla sua longitudine partendo dalla stessa origine. È questa dunque la projezione di queste orbite, a quel modo che a pagina 265 abbiam tracciato quella delle orbite dei pianeti principali; solamente esse sono più o meno inclinate le une sulle altre, come se noi avessimo delle orbite materiali (in filo di ferro, per esempio) le quali tagliassero tutte questo foglio di carta, ed avessero una metà al di sopra e l'altra al di sotto. Questo è ciò che impedisce che gli incontri sieno reali anche quando lo sembrano (1).

Il numero di questi piccoli astri cresce d'anno in anno, in ragione di dieci in media, e benchè in parecchî Osservatorî siensi organizzati dei servizî speciali per tener loro dietro, è però estremamente difficile di seguirli puntualmente, tanto più che le perturbazioni esercitate dai grandi pianeti sono sempre sul punto di disturbarli e di modificare i primi elementi calcolati. Parecchie di queste isolette galleggianti andarono ben anche perdute, e ci volle tutta la perseveranza degli esploratori e delle vedette del cielo per ritrovarli spesso molto lungi dal punto in cui si cercavano.

Ma perchè tutti questi pianeti sono così staccati e non ne formano uno grande? La teoria generale del sistema planetario mostra che la loro massa totale non può oltrepassare il terzo di quella della Terra. Se questi sono i frammenti di un solo pianeta, questo poteva essere più importante di Marte, ma meno della Terra. L'immensa estensione della zona occupata da questi corpi celesti diminuisce di molto la probabilità dell'ipotesi di una frammentazione, benchè questa possa essere accaduta in varie riprese e aver lanciato i nuovi frammenti in direzioni diverse, e quantunque l'attrazione dell'im-

---

(1) Parecchî di questi piccoli mondi seguono delle orbite quasi identiche, e non vi sarebbe nulla di straordinario nel fatto che due di questi astri si avvicinassero tanto fra loro da accoppiare la loro reciproca influenza per formare un pianeta doppio, i cui componenti girerebbero intorno al loro comune centro di gravità, senza cessare di circolare di conserva intorno al Sole. Non sarebbe anzi impossibile neppur questo che due o più pianeti si riunissero in uno solo. Esempî: da una parte Giunone, Cloto, Luce, Adeone, Clizia, Euridice e Frigga; d'altra parte Fede, Maja, Virginia, Eunomia, Eva, Io, Vibilia; od ancora Tisbe, Sirona, Cerere, Letizia, Alcmena, Pallade e Gallia.

Le orbite di Giunone e di Cloto, si approssimano a 1000 chilometri l'una all'altra; Fede e Maja si seguono quasi nello stesso piano e il signor Lespiault ha già preveduto la loro possibile associazione in pianeta doppio; Tisbe e Sirona offrono un'analogia pure interessante, e se ne potrebbe citare un gran numero d'altre, le cui orbite sono più o meno allungate. Se questi corpi fossero di magnete, già parecchî si sarebbero saldati insieme.

menso Giove, che voga al di là, abbia potuto alla lunga dislocare tutte le orbite; è molto più probabile che appunto questa potente attrazione di Giove abbia impedito che un grosso pianeta si formasse dopo di lui, secondo la teoria nebulare che abbiamo esposta già molto più indietro, favorendo la separazione dei più piccoli frammenti dell'equatore solare, sollecitati a staccarsi per la forza centrifuga, e, più tardi, impedendo loro di riunirsi mercè le

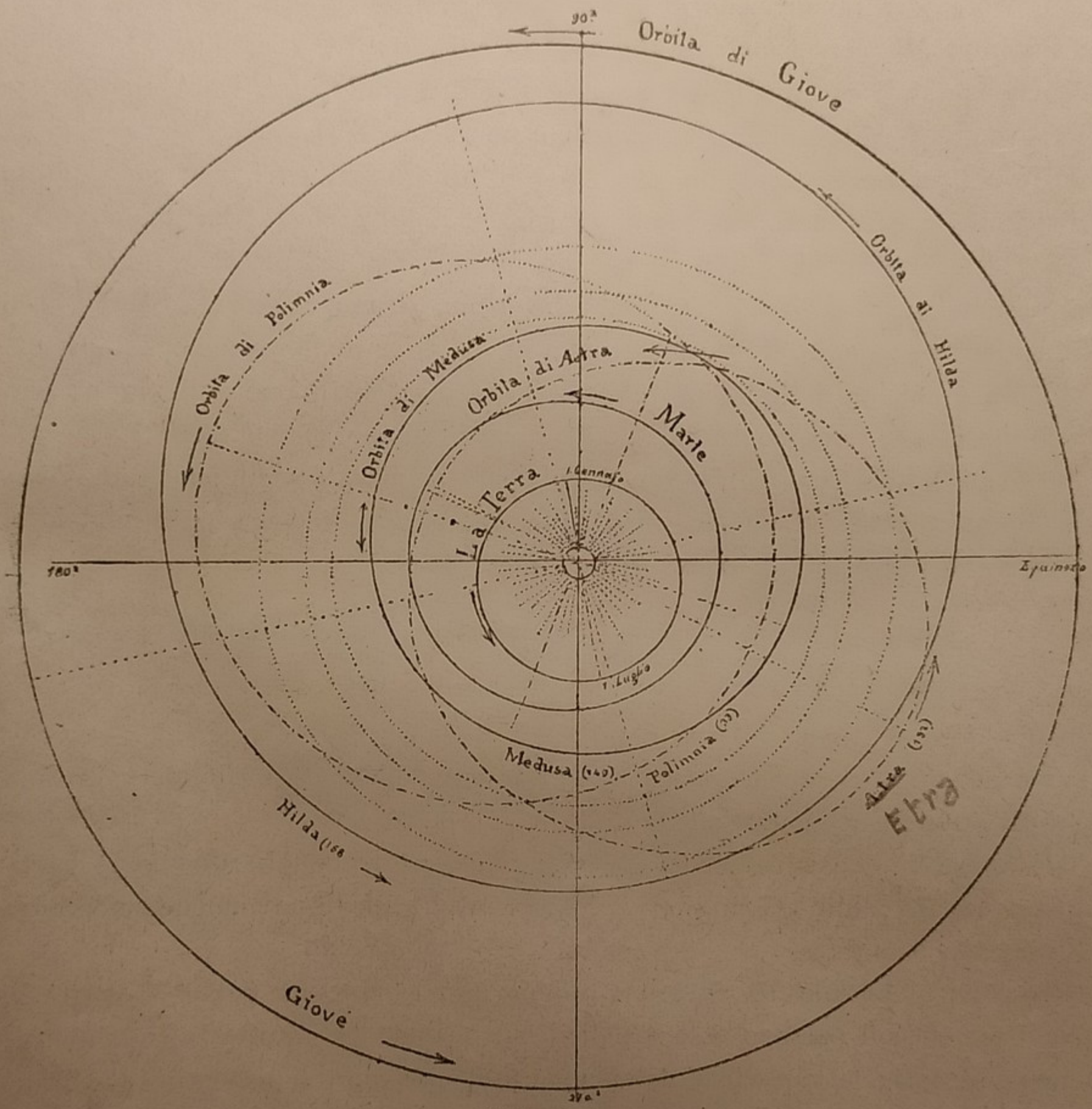


Fig. 223. — Orbita di alcuni planetoidi.

pérturbazioni costanti esercitanti su di essi. Le lacune che esistono fra le orbite dei piccoli pianeti, si trovano precisamente a quelle distanze a cui dei pianeti girerebbero intorno al Sole in periodi formanti un rapporto semplice con quello di Giove, e dove, per conseguenza, le perturbazioni, essendo per così dire normali, debbono produrre dei vacui. Per tal modo, un periodo eguale alla metà di quello di Giove, corrisponderebbe alla distanza 3,28: è qui appunto la maggior lacuna che abbiamo poc'anzi notata; non vi si

trova nemmeno un sol pianeta, *Ed è probabile che non ve se ne troverà mai.* Un'altra lacuna si trova a 2,96: è la distanza alla quale un pianeta graviterebbe in $\frac{3}{7}$ del periodo di Giove; un'altra a 2,82 $= \frac{2}{5}$, un'altra a 2,50 $= \frac{1}{3}$ L'azione di Giove è altrettanto chiara in questa distribuzione delle orbite quanto quella di una tromba che attraversa una foresta e fa il vuoto sul suo passaggio.

Vedremo più innanzi che lo stesso fatto i riscontra negli anelli di Saturno, i cui intervalli corrispondono alle zone in cui i satelliti girerebbero in periodi commensurabili con quelli dei quattro satelliti più vicini. Dobbiamo queste importanti considerazioni all'astronomo americano Kirkwood.

Ho d'altra parte avvertito che i perielî di questi astri non sono affatto distribuiti a caso, uniformemente, intorno al Sole, e che vi ha un massimo fra 294 e 72 gradi di longitudine e un minimo fra 153 e 293 gradi; la differenza si eleva al triplo, e, quel che è più strano, il perielio di Giove si trova verso il mezzo di questa regione di maggior condensazione dei perielî.

È un problema difficilissimo per noi la misura dei diametri di questi piccoli corpi tanto lontani da noi. I più voluminosi non oltrepassano i 4 decimi di secondo, e la maggior parte si riducono persino a semplici punti. Combinando i tentativi di misure fatti colle valutazioni dedotte dallo splendore, si trovano i seguenti diametri come i più probabili:

Vesta .	400 chilom.	Igia . . .	160 chilom.	Iride. . .	140 chilom.
Cerere . .	350 —	Eunomia .	150 —	Anfitrite .	130 —
Pallade. .	270 —	Ebe . . .	145 —	Calliope .	125 —
Giunone .	200 —	Letizia . .	145 —	Metide	120 —

Ve ne son altri, invece, come Saffo, Maja, Atalanta, Eco, che non misurano più di 30 chilometri di diametro.

È probabile che ne esistano ancor di più piccoli, i quali rimangono assolutamente invisibili nei migliori telescopî, e che misurano qualche chilometro e forse meno ancora.

Son dei globi celesti? Sì, senza dubbio, per la maggior parte. Ma parecchî fra i più piccoli possono essere poliedrici, possono provenire da frammentazioni ulteriori; le variazioni di splendore che talvolta si osservano sembrano dar indizio di superficie rotte, irregolari.

Son dei *mondi* cotesti? Perchè no? Una goccia d'acqua non mostrasi forse al microscopio popolata da una moltitudine svariata di esseri? Un sasso sollevato nel prato non nasconde esso tutto un mondo formicolante di insetti? Una foglia di un albero non è essa un mondo per le specie che l'abitano e la rodono? Senza dubbio, nella moltitudine di questi piccoli pianeti, alcuni possono essere rimasti deserti e sterili perchè le condizioni della vita (di una vita qualunque) non vi si trovarono riunite. Ma non si può mettere in

dubbio che, sulla maggior parte, le forze sempre attive della natura non abbiano, come sul nostro mondo, risoluto il problema della creazione appropriata a quei pianeti minuscoli. Del resto, lo ripetiamo: per la natura non vi ha nè grande nè piccolo. Sarebbe stolta vanagloria lo sprezzare questi mondi, perchè piccoli, giacchè in realtà gli abitanti di Giove piuttosto avrebbero miglior diritto di spregiar noi, che noi di spregiar Vesta, Cerere, Pallade o Giunone; la sproporzione è maggiore fra Giove e la Terra che fra la Terra e quei pianeti. Un mondo di due, tre o quattrocento chilometri di diametro (1256 chil. di circonferenza all'equatore, 502 400 chil. quadrati di superficie, nell'ultimo caso) è ancora un continente capace di soddisfare l'ambizione di un Serse o di un Tamerlano, e noi possiam credere che più di uno di essi sono divisi in più formicaî rivali, ognuno dei quali ha il suo re, la sua bandiera e i suoi soldati, e che di tempo in tempo se ne vanno in guerra per trucidarsi reciprocamente prendendo a testimonio della giustizia della loro causa il Dio degli eserciti. Una vista eccellente potrebbe forse leggere sulle loro insegne e sulle loro armi, in lingue speciali per ogni paese, qui: « Dio protegge la Francia »; là: « Dio protegge il Belgio »: più lungi; « Dio protegge l'Italia »; altrove: « Dio protegge la Germania »; (ma forse neppur là si troverebbe una bandiera portante scritto: « Dio protegge il popolo »). Sono queste formole cotali in cui non v'ha di mutato che il nome del paese, e che imbarazzerebbero in modo singolare il Direttore intellettuale del sistema solare se prendesse sul serio l'esergo delle monete su cui ogni frazione d'umanità inscrive di tal guisa uno scongiuro individuale. Ma evidentemente questi giuochi con la quale si trastulla seriamente la politica delle grandi nazioni della Terra possono trovarsi riprodotti, più puerili ancora se è possibile, in questa repubblica di piccoli mondi sui quali possono esservi fabbriche di grandi sciabole e di eleganti galloni, e ove dei cavalieri di un decimetro di statura possono guardar d'alto in basso dei fantaccini di cinque centimetri.

Un buon camminatore, come noi conformato, farebbe agevolmente il giro di uno di questi piccoli mondi in un sol giorno di ventiquattr'ore. La gravità è inevitabilmente debolissima sopra qualunque d'essi, dacchè la loro massa è per dir così insensibile; essa è di certo dieci volte meno intensa che sulla Luna, dove un oggetto già non percorre che 80 centimetri nel primo secondo di caduta. Se noi volessimo rappresentare sulla torre della pag. 141 il cammino percorso da una pietra abbandonata al suo proprio peso, noi nol potremmo fare nella scala adottata, giacchè quella pietra non cadrebbe che di qualche centimetro nel primo secondo. Supponiamo che le torri di Nostra Donna sieno erette in una città di questi mondi e che noi ci lanciassimo nello spazio con quel senso di terrore e di orribile disperazione che deve accompagnare l'atto supremo del suicidio, noi rimarremmo

non poco maravigliati sentendo di restar in aria, e, per tutta la durata della caduta, lunga e dolce come quella di una piuma, avremmo tutto il tempo imaginabile di pensare a mille cose aggradevoli, e giungendo a terra, capiremmo che il nostro tentativo non è riuscito affatto. Le persone che si sono annegate e che una mano provvidenziale ha ricondotto a tempo dalle tenebre dell'asfissia, raccontano che, nei tre o quattro secondi che precedettero il loro deliquio, hanno avuto il tempo di riandare tutta la loro vita, fin dalla più tenera infanzia, e quelle che hanno analizzato i proprî sogni hanno notato che un viaggio di parecchî mesi si fa agevolmente in meno di un minuto, benchè sentito e valutato in tutta la sua lunghezza, e in tutti i suoi minuti particolari; sotto questo punto di vista, un aeronauta che cadesse dal pallone sopra Vesta o sopra qualcuno dei suoi compagni vivrebbe di una vita psicologica intera durante la durata della sua caduta.

Tutto è relativo (1). Gli esseri sconosciuti che abitano questi mondi leggieri debbono dunque essere organizzati ben diversamente da noi, essere appropriati all'esiguità del loro pianeta ed a condizioni di vita speciali. E quanto debbono differire dalle nostre queste condizioni di abitabilità! Supponiamoci, per esempio, trasportati sopra una di quelle isole celesti Noi non vi peseremmo nemmeno un chilogrammo. Liberi dal pondo della materia terrestre, noi potremmo correre attraverso le campagne colla velocità del vapore e d'uno scatto lanciarci dalla valle sulla montagna. Abbiamo veduto, studiando il Sole, che degli esseri di grande statura avrebbero la massima dif-

---

(1) Sì, tutto è relativo. La gente ha avuto occasione di vedere, non son molti anni, a Parigi, un amatore d'insetti, il quale era giunto a far fare ad una piccola compagnia di pulci gli esercizi più singolari. Si vedeva tra l'altre cose una carrozza dei tempi di Luigi XIV, con cocchiere e valletto, tirato da due di quei minuscoli cavalli, elegantemente bardati. Un po' più lungi un altro dava fuoco a un cannon-

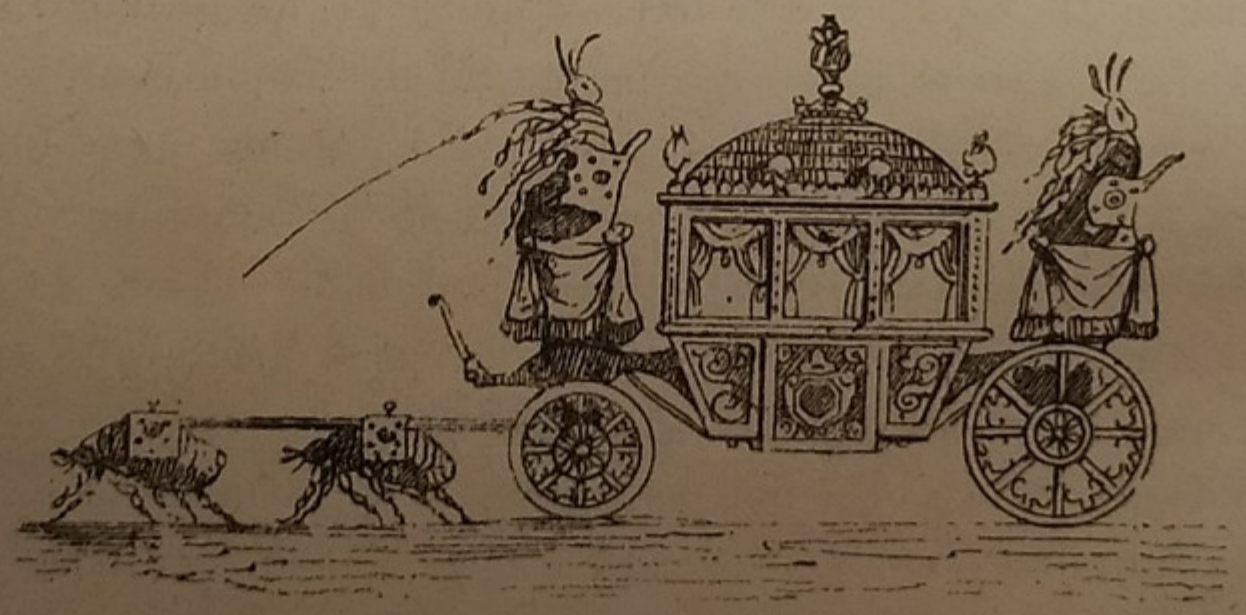


Fig. 224. — Un piccolo mondo.

cino, ecc. Possono esistere dei mondi sui quali la statura normale dei « cavalli » e degli « uomini » non superi questa; cavalli ed uomini per analogia. Una siffatta popolazione lillipuziana potrebbe del resto comporsi di milioni e miliardi di individui, e la specie superiore di questa fauna ultra terrestre potrebbe altresì, nonostante la piccolezza del suo cervello, avere delle idee altrettanto larghe delle nostre, e dei sensi ancor più sviluppati. Possono esistere dei mondi sui quali le nostre pulci sarebbero degli elefanti.

ficoltà a sopportare il loro proprio peso sopra mondi dell'importanza di questo astro, e che questi mondi enormi debbono essere popolati di esseri più piccoli di noi, mentre dei globi piccoli come la Luna debbono esser popolati da giganti. Ma bisogna ben guardarsi dallo spingere questo ragionamento fino alle sue conseguenze estreme, giacchè si giungerebbe a popolare i piccoli pianeti di abitanti più grandi di essi! Noi non possiamo dunque assolutamente nulla concludere in quanto alla forma, alla grandezza e alla organizzazione degli esseri incogniti che abitano tutti quei piccoli mondi; la logica ci invita soltanto a pensare che debbono essere più piccoli di noi. L'intensità della gravità è debole tanto, che un uomo di una forza pari alla nostra potrebbe lanciare una pietra nello spazio in guisa che più non ricadesse! La più debole esplosione vulcanica lancia da un siffatto mondo dei materiali che se ne separano per sempre.

Non si conoscono ancora nè la durata della rotazione, nè l'inclinazione degli assi, nè la stagione che ne risultano, per veruno dei piccoli pianeti, benchè le variazioni dello splendore notate sopra Pale da Goldschmidt lo abbiamo condotto a concludere la probabilità di una rotazione di ventiquattro ore.

Completiamo finalmente tutti questi dati notando che le immense atmosfere vaporose avvertite da Herschel e Schrœter intorno ai primi quattro piccoli pianeti scoperti, erano una illusione dovuta all'imperfezione dei loro strumenti.

Non si *vede* in realtà veruna atmosfera, più che non si *vedano* quelle di Marte o di Venere. Noi possiamo tuttavolta dire che questi quattro pianeti, esaminati allo spettroscopio, mostrano delle righe di assorbimento indicanti la presenza intorno ad essi di una leggiera atmosfera. La conoscenza più profonda di questi piccoli mondi singolari non potrà ottenersi che mercè un grandissimo perfezionamento dell'ottica, di cui non ci è permesso di disperare.

CAPITOLO IV.

Giove, il gigante dei mondi.

L'esposizione del sistema del mondo ci conduce in questo punto al pianeta più importante della famiglia solare. Dinanzi ad esso si dilegua e scompare l'attenzione che hanno potuto offrirci le provincie precedenti; e, quasi

Fig. 226. — Zona planetaria.

che una fogliolina di mimosa ci nasconde completamente e cui una mosca che cammini sul vetro della finestra sembra ingojare!

Giove è il pianeta più smagliante dopo Venere. Intanto che la stella della sera diventava la regina della bellezza, Giove sedevasi sul trono del cielo e da sovrano riceveva gli omaggi dei mortali. La debolezza e la vanità insieme accoppiate associarono le apparizioni astronomiche agli eventi della vita umana: ogni pianeta era dotato di un'influenza corrispondente al suo aspetto. Giove reggeva gli alti destini, e l'astrologo del medioevo, nelle sue veglie solitarie, continuatore delle tradizioni de' suoi antenati dell'antichità, calcolava ancora le occulte influenze che sembrano discendere da quella lontana e potente luce. Del resto, noi avremo più innanzi occasione di entrare in qualche particolare sulla astrologia e di accertare che questa scienza illusoria ha contato degli adepti fino a questi ultimi secoli. Giove signoreggiava alla testa delle influenze celesti e reggeva i destini dei « grandi » della Terra.

Spinto dalla curiosità, punto sul pianeta un cannocchiale astronomico ordinario, il cui objettivo misura 11 centimetri di diametro e della lunghezza di metri 1,60 e a un tratto vedo affacciarsi nel campo oscuro dello strumento quasi un sole maestoso e splendente, che a primo colpo lascia intravedere la forma sferoidale del suo disco molto compresso ai poli, nonchè le fasce nuvolose che contraddistinguono le sue zone equatoriali. Meravigliosa apparizione! Chiunque potrebbe procurarsi questo spettacolo e nessuno vi pensa. Non è più un punto stellare, è un mondo. La nostra mente può appena farne il giro pensando che, se le acque profonde di un vasto oceano lo circondassero interamente, un piroscafo che filando 14 nodi all'ora, compirebbe in tre mesi il giro della nostra Terra, impiegherebbe circa tre anni a percorrere la circonferenza di quel mondo che splende lassù: sì, pel corso di tre anni i fuochi si accenderebbero notte e giorno senza tregua; durante tre intieri anni l'elice monotona morderebbe i flutti, per correre la periferia di questo mondo

226 Fig. 255. — Zona planetaria.

per procurarci una maraviglia ancor più viva pel suo contrasto, l'ordine naturale delle cose ha fatto precedere la descrizione del gigante dei mondi da quella dei minuscoli planetoidi, del quale abbiamo attraversato lo sciame venendo da Marte.

Gigante dei mondi, davvero! Allorchè Giove splende in mezzo alle stelle nel silenzio della notte, e i nostri sguardi si arrestan su di esso, chi potrebbe supporre, ammirando quel semplice punto luminoso, che quello è un globo enorme e massiccio, che pesa 309 volte più del pianeta che noi abitiamo e il cui enorme volume è 1230 volte quello della Terra! Ho gli occhî fissi sopra di esso; la sua luce dà ombra, tanto è viva, al par di quella di Venere; ma non si indovina la maravigliosa grandezza di questo astro lontano. Dirigo verso di lui un piccolo cannocchiale; esso basta per ingrandire quel punto, far apparire la forma rotonda di un disco e mostrare i quattro satelliti che l'accompagnano nel suo corso celeste.

L'abbagliante pianeta ha conservato nell'astronomia moderna la superiorità di rango che gli aveva assegnato l'astronomia antica. Le prime osservazioni telescopiche hanno rivelato la grandezza della sua sfera. Il suo diametro apparente è in media di 38″ e varia dai 30″ ai 47″ a norma della distanza;

Fig. 227. — Grandezza comparata di Giove e della Terra.

nelle condizioni più favorevoli questo diametro di 47″ è dunque solamente 39 volte all'incirca più piccolo di quello della Luna, di guisa che un cannocchiale che ingrandisca 39 o 40 volte ci fa vedere il disco di Giove della grandezza apparente sotto cui vediamo la Luna ad occhio nudo, ed un ingrandimento di 80 volte ce lo mostra due volte più grande.

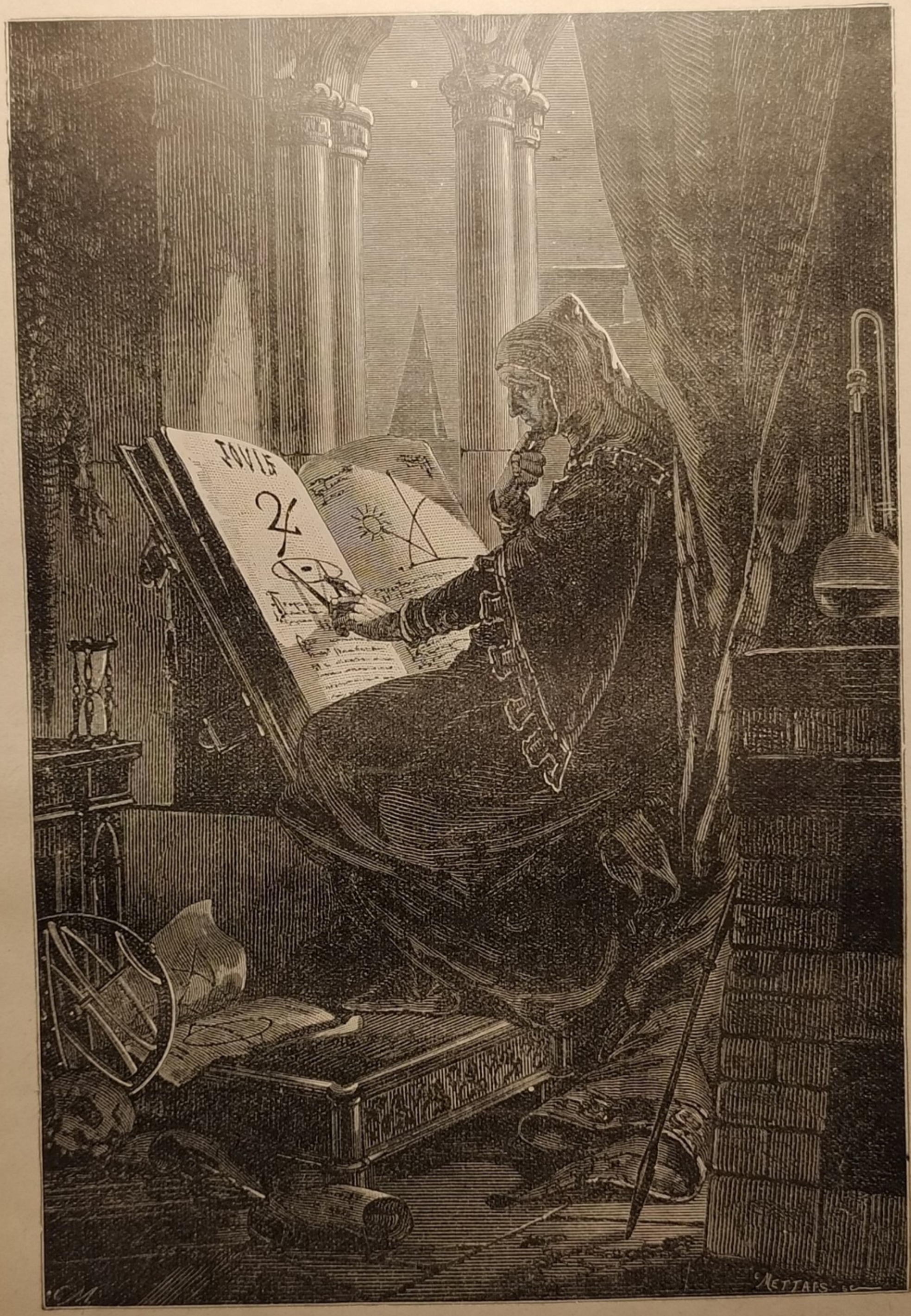


Fig. 228. — Giove reggeva gli alti destini e nelle sue veglie solitarie l'astrologo del medioevo calcolava le occulte influenze.

Il diametro reale di questo globo enorme è, come abbiam visto, 11 volte quello del nostro pianeta (esattamente 11,15) vale a dire di 142 000 chilometri. Se questo globo fosse sferico, il suo volume supererebbe di 1390 volte quello della Terra, e tale lo si dà per vecchia abitudine, nei trattati di astronomia; ma la rapidità del suo moto di rotazione sopra sè stesso lo ha dilatato all'equatore, e quindi compresso ai suoi poli, in una proporzione tanto ragguardevole da rendersi sensibile alla prima occhiata quando si osserva il pianeta con un cannocchiale astronomico: codesto schiacciamento è di $\frac{1}{17}$ laddove quello della Terra non è che di $\frac{1}{300}$. Ne consegue che il volume di Giove è 1230 volte maggiore di quello del nostro pianeta. La sua superficie equivale a quella di 114 Terre.

L'enormità del globo di Giove sarà forse ancor meglio intesa, dopo quanto sappiamo riguardo al Sole, considerando che il suo diametro non è che il decimo di quello di questo astro immenso. Essendo la sua circonferenza di più di quattrocentomila chilometri, una lista di carta lunga come da qui alla Luna non cingerebbe interamente il globo di Giove (1). Con esso noi entriamo nel dominio dei giganti del sistema, come si può vedere osservando le zone planetarie disegnate a pag. 494 e 495. Sulla prima si seguono da sinistra a destra Mercurio, Venere, Terra, Marte, i piccoli pianeti e Giove coi suoi quattro satelliti; sull'altra, che le fa seguito, Saturno, Urano e Nettuno colle rispettive lune, ognuno nella sua grandezza relativa. Si noti che riunite le due zone, i loro estremi a sinistra e a destra non sono terminati da un contorno rettilineo, ma curvilineo: questi segmenti segnano due archi del contorno del disco solare disegnato nella stessa scala dei pianeti, i quali, come si vede, si potrebbero disporre in fila, l'uno dopo l'altro, entro il Sole, e vi starebbero a tutto agio.

La massa di Giove è conosciuta con una precisione veramente degna di ammirazione. Tutti i calcoli si accordano nel valutarla ad $\frac{1}{1047}$ di quella del Sole. La si determina sia dietro i moti dei suoi satelliti, sia dietro le perturbazioni esercitate sulle comete; questa determinazione è tanto precisa quanto se potessimo materialmente pesar Giove nel piatto di una bilancia. Ne risulta che questo mondo pesa circa 310 volte più del nostro. Tenendo conto dello schiacciamento polare, si trova che la media densità dei materiali che lo compongono è di 0,243, quando si prenda quella della Terra per unità: essa si approssima singolarmente a quella del Sole. Giove pesa un terzo di

---

(1) Nel nostro secolo di carta, l'industria potrebbe costruire una lista siffatta. Ho visitato l'officina in cui si fabbrica la carta per l'*Astronomia popolare*, che nella sua prima edizione ne ha impiegati oltre sessantamila chilogrammi. La pasta cola in ragione di 30 metri al minuto, o 1800 metri all'ora, 43 200 metri al giorno, senza tregua, ciò che fa 15 779 chilometri all'anno. Si taglia questa lista senza fine perchè bisogna adoperarla; ma si potrebbe non tagliarla. Essa farebbe il giro del mondo terrestre in due anni e mezzo, e in ventiquattro anni potrebbe estendersi fino alla Luna.

più di quel che peserebbe un globo di acqua delle stesse dimensioni. Abbiamo già studiato i metodi di cui si fa uso per pesare gli astri, per misurarne le distanze, per determinarne le dimensioni effettive; non occorre dunque più di tornare su questo argomento. Abbiam del pari veduto come si calcola l'intensità della gravità alla superficie dei mondi, la quale dipende, da una parte, dalla massa del globo che si considera e per un'altra parte dal suo raggio, ossia dalla distanza della sua superficie al centro. Se Giove non fosse più grosso della Terra, mantenendo tuttavia il peso che gli abbiamo attribuito, l'intensità della gravità alla sua superficie sarebbe 310 volte più forte di qui, ed un chilogrammo peserebbe colà 310 chilogrammi. Ma siccome il diametro di quel globo è 11 volte quello del nostro pianeta, l' intensità della gravità dev'essere ridotta nella proporzione del quadrato di questo numero, o di 121 ad 1 (esattamente di 124, poichè $11{,}15 \times 11{,}15 = 124$). Dividiamo 310 per 124, noi troviamo, 2,5 o $2\frac{1}{2}$. Noi sappiamo dunque dopo ciò che il valore della gravità è due volte e mezzo più forte sopra Giove che sulla Terra. Un uomo del peso di 70 chilogrammi trasportato lassù vi peserebbe 175 chilogrammi. Un sasso abbandonato dall'alto di una torre all'azione del suo peso, percorrerebbe dodici metri nel primo secondo della sua caduta.

Sopra Giove, pertanto, i materiali costitutivi delle cose e degli esseri risultano di sostanze più lievi, meno dense di quelle degli oggetti e dei corpi terrestri; ma il pianeta attrae più fortemente, e in realtà così sono più pesanti, cadono al suolo più velocemente. È l'opposto di quello che abbiamo rilevato per Mercurio; ed è ben questo il caso di dire che *non v'ha nulla di assoluto.* E invero, tutto è relativo, e noi viviamo nel relativo. Nulla ci può parere più brutalmente assoluto di una palla da cannone di venti chilogrammi. Ebbene! questa palla non è tale che a motivo della sua situazione sulla Terra. Portiamola sopra un piccolo pianeta, diventa una piuma; imaginiamola sul Sole, è una montagna di ferro massiccio impossibile a rimuoversi; qui uccide, là è giocattolo. Noi viviamo in mezzo al relativo e vorremmo che l'universo fosse ridotto alle nostre proporzioni!

Giove, l'abbiamo già veduto, gravita intorno al Sole ad una distanza cinque volte maggiore della nostra, a 192 milioni di leghe lungo un'orbita che esso percorre in 4332 giorni, ossia 11 anni, 10 mesi e 17 giorni. Abbiamo pure veduto che l'effetto di prospettiva cagionato dalla rivoluzione annua della Terra intorno al Sole, fa fare in apparenza a Giove undici o dodici stazioni e retrogradazioni lungo la sua orbita dodicennale. Torna in *opposizione* col Sole (Sole, Terra, Giove sopra una stessa retta), ogni 399 giorni, ovvero 1 anno e 34 giorni in media: 278 sono impiegati nel moto diretto e 121 nel moto retrogrado. Ecco le date delle sue opposizioni attuali:

1879	31 agosto	1882	18 dicembre
1880	6 ottobre	1883	24 gennaio
1881	12 novembre	1884	24 marzo

Si troveranno i periodi seguenti aggiungendo ogni anno un mese e sei giorni per gli anni che seguono. Son queste le epoche in cui il pianeta passa al meridiano a mezzanotte dominando maestosamente *al sud* come una *splendida stella*. È dunque facilissimo a riconoscersi. Le nostre figure 181 e 186 portano segnati i suoi movimenti nel 1879, 1880 e 1881.

Esso procede così seguendo lo zodiaco, e non tornerà che fra dodici anni nella regione del cielo in cui brilla attualmente (1879). In questo momento (settembre stesso anno), Giove, Saturno e Marte si seguono nel cielo in linea retta. Si può far conto di quattro mesi ogni anno per le sue epoche di osservazione, favorevole di notte. Dietro le nostre indicazioni, i nostri lettori potranno agevolmente riconoscere ogni anno tutti i pianeti.

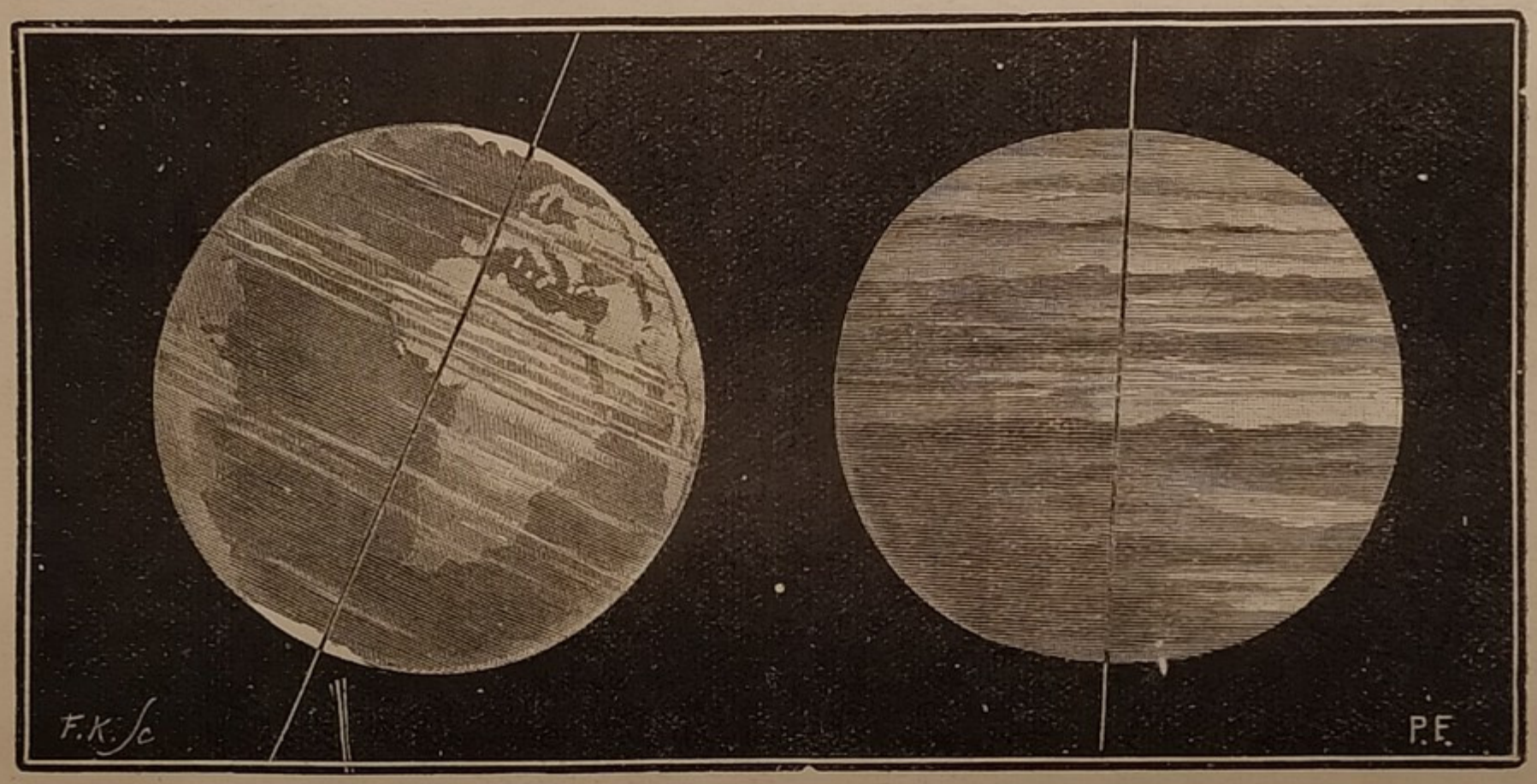


Fig. 229. — Inclinazione comparata degli assi della Terra e di Giove.

L'orbita di Giove intorno al Sole non è circolare, ma ellittica, con una eccentricità di 0,048; epperò le variazioni della sua distanza sono le seguenti:

Distanza perielia	geometrica	4,952 =	chilometri	732	milioni
» media	»	5,203 =	»	770	»
» afelia	»	5,451 =	»	807	»

Vi sono dunque, come si vede, pressochè 80 milioni di chilometri di differenza tra la sua distanza dal Sole all'afelio e al perielio. Queste sono le vere stagioni di Giove.

Il suo moto intorno al Sole si compie in un piano poco differente da quello in cui la Terra stessa si muove, vale a dire, dal piano dell'eclittica: l'inclinazione dei due piani non è che di 1° 18′. Gli antichi avevanla già notata

ed avevan denominato Giove il pianeta dell'eclittica. Il suo perielio aveva luogo nel 1879 a 13° di longitudine, vale a dire, a 13° dal punto dell'equinozio di primavera; Giove si trovava allora nella costellazione dei Pesci, non lungi dalla stella ξ; e vi passò il 25 settembre 1880. Passò all'afelio il 24 ottobre 1874. Il suo perielio come il suo afelio, cioè la sua linea degli absidi gira di 57″ di arco all'anno sulla eclittica.

Alla distanza a cui si trova Giove, il disco dell'astro del giorno si trova ridotto a meno di $\frac{1}{4}$ in diametro e di $\frac{1}{25}$ in superficie, in intensità luminosa e calorifica; questo mondo riceve dunque in media ventisette volte meno di luce e di calore di quel che riceviamo noi dal Sole. Siffatta differenza di intensità ha certamente per effetto di organizzare la vita di quest'immenso pianeta in un modo ben diverso da quello che ha presieduto all'organizzazione della vita terrestre.

Questo globo ruota sopra sè stesso conservando il proprio asse verticale, vale a dire, che invece di ruotare *goffamente* (gauchement), siccome Voltaire accusavane la Terra, rimane diritto e nobile nel suo corso maestoso intorno al Sole. L'inclinazione del suo asse di rotazione non è, infatti, che di 3 gradi, vale a dire, insignificante. Ne consegue l'assenza totale di stagioni e di climi. I giorni conservano la stessa durata durante tutto l'anno; il Sole compie il suo moto diurno apparente press'a poco nel piano dell'equatore; non vi sono nè zone tropicali, nè circoli polari; è lo stato di un perpetuo equinozio, di una *eterna primavera*, per tutte le contrade di quel globo, decrescendo la temperatura dolcemente dall'equatore fino ai poli. Ma questo mondo immenso offre ben altre differenze ancora con quello che abitiamo. Mentre gira lentamente intorno al Sole, ruota sopra sè stesso con tale impetuosità che la sua rotazione intera si compie in meno di 10 ore. Non vi sono cinque ore intiere di giorno, nè cinque di notte (1).

La prima particolarità che colpisce qualunque osservatore che contempla Giove al telescopio, si è che questo globo è solcato da zone o striscie più o

---

(1) Fin dal 1665, Cassini scoprì questa velocità rotatoria dietro le sue osservazioni fatte sotto il bel cielo d'Italia. Ottenne da parte sua la durata di 9 ore e 56 minuti. Più tardi, nel 1672, a Parigi, certe osservazioni fatte sopra una macchia che credette analoga a quella che aveva osservata in Italia, gli diedero 9h 55m 51s. Ripigliando questa importante ricerca nel 1667, ottenne 9h 55m 50s; ma una così bella concordanza svanì nel 1690, dacchè in quell'anno si trovò 9h 51m; lo stesso avvenne l'anno successivo, e anche nel 1692 trovò 9h 50m Nel 1713, Maraldi trovò 9h 56m; lo stesso ebbe luogo nel 1773 in una determinazione fatta da Giacomo di Silvabella. William Herschel trovò 9h 55m 40s nel 1778 e 9h 50m 48s nel 1779; Schrœter 9h 56m 56s nel 1795 e 9h 55m 18s nel 1786; Airy trovò 9h 55m 24s nel 1834; Mädler nel 1835 ebbe 9h 55m 26s; Schmidt', 9h 55m 24s nel 1862; lord Rosse, nel 1873, trovò 9h 54m 55s. Nel 1874, io trovai 9h 54m 30s per la rotazione del pianeta all'equatore e 9h 45m 45s verso il 35° di latitudine.

Le considerevoli differenze di questi risultati avevano già suggerita l'ipotesi che le macchie siano delle nuvole natanti in un'atmosfera molto agitata e aventi un movimento tanto più rapido quanto più la posizione da esse occupate trovasi vicina al centro del disco. Perciò, diceva già Fontanelle, si potrebbe paragonare i movimenti di queste macchie a quello dei venti alisei, che soffiano presso l'equatore terrestre.

meno larghe, più o meno intense, che si mostrano principalmente verso la regione equatoriale. Queste fasce di Giove possono considerarsi come il carattere distintivo del gigantesco pianeta. Furono riconosciute fin dalla prima volta che fu concesso ad occhio umano di puntare un telescopio su questo mondo lontano, e d'allora in poi non si cessò di vederle che in circostanze estremamente rare.

Talfiata, indipendentemente da queste striscie bianche e grigie che spesso mostrano una colorazione gialla e ranciata, si trovano delle macchie sia più luminose, sia più scure del fondo sul quale appajono, oppur anco delle irregolarità, delle squarciature pronunciatissime nella forma delle striscie. Se si osserva allora con attenzione la posizione di queste macchie sul disco, non

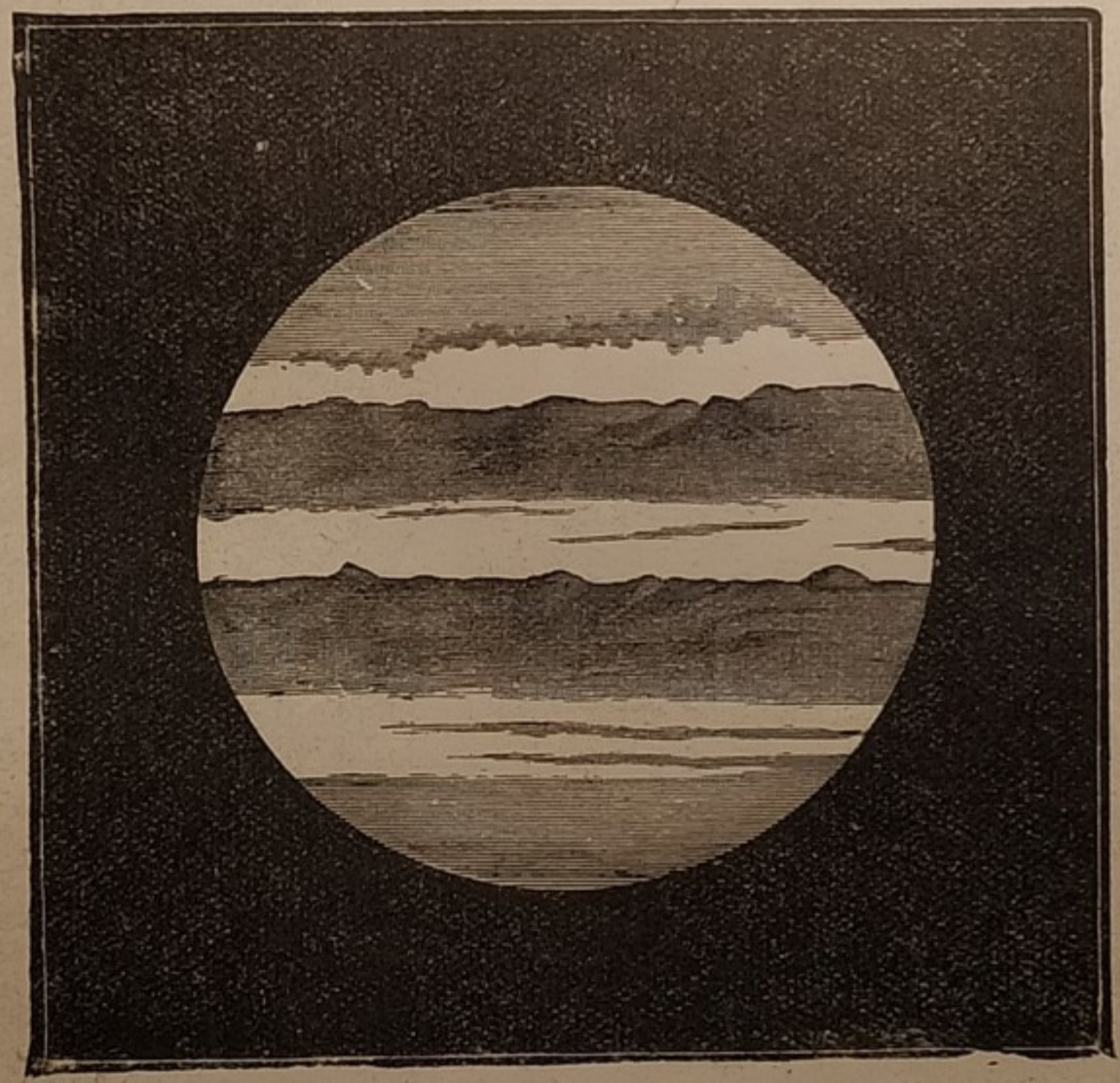


Fig. 230. — Aspetto generale di Giove.

si tarda a rilevare ch'esse si spostano da est verso ovest, ovvero da sinistra a destra, se si osserva il pianeta con un telescopio che non capovolga le imagini. Allorchè queste macchie sono molto spiccate, un'ora di attenta osservazione basta per verificarne lo spostamento.

Siffatte macchie appartengono all'atmosfera stessa di Giove. Esse non viaggiano intorno al pianeta come i suoi satelliti con una rapidità propria indipendente dal moto di rotazione, ma fanno parte dell'immenso strato nubiloso che involge questo vasto mondo. D'altra parte, non sono neppur fisse alla superficie del globo come lo sono i continenti e i mari di Marte, ma relativamente mobili, come le nubi della nostra atmosfera.

Ecco adunque un mondo dove la durata del dì e della notte, invece di es-

Fig. 231. — Cambiamenti osservati in Giove. Variazioni annuali.

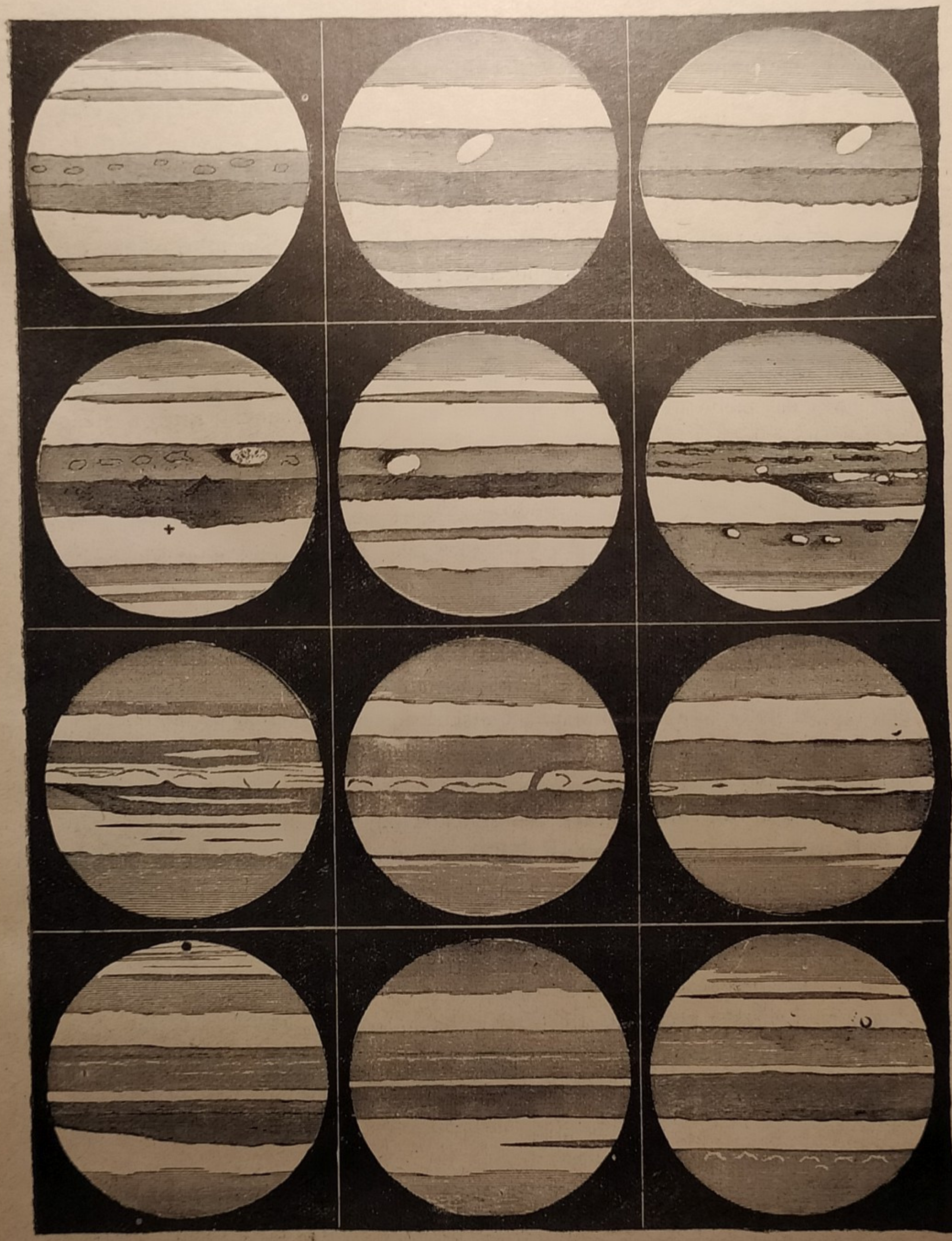


Fig. 232. — Cambiamenti osservati in Giove. Variazioni quotidiane.

sere di ventiquattro ore non è tampoco di dieci; non vi si contano che 4 ore e 47 minuti fra il levare e il tramontare del sole, e in qualunque epoca dell'anno la notte è ancora più breve a cagione dei crepuscoli. Siccome d'altra parte l'anno è quasi uguale a dodici dei nostri, la rapidità dei giorni fa sì che gli abitanti di Giove contino 10 455 giorni nel loro anno. Quale strano calendario, quanto rapide volano le ore lassù!

La velocità di rotazione è tale, che un punto situato all'equatore corre in ragione di 12 450 metri al secondo, 26 volte più presto di un punto dell'equatore terrestre. Siffatta rapidità fu causa dello schiacciamento polare ed è essa evidentemente che cagiona le striscie di Giove. Essa diminuisce di $\frac{1}{12}$ la gravità all'equatore: un oggetto che pesa 12 chilogrammi ai poli, non ne pesa che 11 sull'equatore.

Cotal rapido alternarsi di luce e di tenebre deve esercitare una grande influenza sul modo di vivere di quegli abitanti. L'astronomo Littrow si domandava se hanno consacrato come noi i loro giorni al lavoro e ai piaceri, la notte al riposo e al sonno. « Essi debbono — diceva — possedere una singolare elasticità di spirito e di corpo. Ben pochi di noi, invero, si troverebbero contenti se le notti non durassero che cinque ore, e se dovessimo svegliarci troppo presto! I ghiottoni sopratutto devono trovarsi molto nell'imbarazzo se nello spazio di cinque ore sono costretti a fare tre o quattro pasti. E le nostre signore (l'autore è viennese) quanto non dovrebbero lagnarsi di queste notti così corte e dei balli più corti ancora! esse per cui i preparativi della toletta richiedono quasi il doppio di tempo di una notte di Giove! Ma, per converso, gli astronomi ufficiali degli Osservatorî di quel mondo debbono essere al colmo della contentezza — se pure l'atmosfera gioviana permette loro di lavorare; — essi non debbono mai esser stanchi! »

Così parlava il faceto direttore dell'Osservatorio reale austriaco in un'epoca in cui si poteva credere che il mondo di Giove fosse abitato da esseri analoghi a noi; ma l'attento esame delle rivoluzioni, a cui pare ancora in preda, modifica le nostre induzioni a questo riguardo.

Infatti noi osserviamo da qui, sulla sua sfera immensa delle metamorfosi singolari. Le fasce tanto caratteristiche che lo attraversano, non conservano, come per lungo tempo fu creduto, la medesima forma, lo stesso splendore, la stessa tinta, la stessa larghezza, la stessa estensione, ma per contro subiscono delle variazioni rapide e ragguardevoli. In generale, l'equatore è contrassegnato da una zona bianca.

Da una parte e dall'altra di questa zona bianca, esiste una fascia scura di una colorazione rossastra intensa. Al di là di queste due fasce oscure, australe e boreale, si notano ordinariamente delle rigature parallele alternativamente bianche e grigie. La tinta generale diventa più omogenea e più grigia man

mano che si avvicina ai poli, e le regioni polari sono ordinariamente azzurrastre. Questo tipo generale è a un dipresso quello del disegno (fig. 230).

Ora questo aspetto tipico varia profondamente, e tanto profondamente che è talvolta impossibile di ritrovarne alcuna traccia. In luogo della predetta zona bianca l'equatore mostra talvolta una fascia oscura, e si scorgono una o parecchie linee chiare in tale o tale altra latitudine più o meno lontana. Talora le fasce sono larghe e distanti fra di loro; talora all' incontro sono sottili e avvicinate. I loro lembi, ora sono dentellati come nuvole capovolte e stracciate; ora si distinguono sotto la forma di una perfetta linea diritta. Si sono viste delle macchie bianche luminose galleggiare al di sopra di queste zone atmosferiche, e alcune volte vidersi dei punti luminosi perfettamente rotondi analoghi ai satelliti; si sono pure vedute delle strisce scure incrociare obliquamente le fasce e persistere a lungo. Da ultimo le variabilità di questa vasta terra è tale, che offre all'osservatore e al pensatore uno dei più nuovi ed importanti problemi dell'astronomia planetaria.

Queste perturbazioni atmosferiche possono tuttavia compiersi nell'immenso inviluppo aereo di Giove senza che la superficie del pianeta sia per ciò stesso in uno stato di instabilità corrispondente. Questa superficie noi non la vediamo mai o ben di rado, attraverso gli spiragli che ci pajon scuri.

Dall'anno 1868, e sopratutto dal 1872, ho seguìto con grande assiduità le variazioni d'aspetto di questo mondo tanto importante. Di tutti gli astri del nostro sistema, esso è quello che offre al telescopio i mutamenti più considerevoli e più straordinarî, non solo nel disegno, ma anche nella colorazione del suo disco.

Affinchè ognuno possa facilmente rendersi conto delle metamorfosi che hanno continuamente luogo nello stato atmosferico di Giove, scelgo, fra parecchie centinaja di disegni che ho fatto di questo pianeta, un disegno per ciascun anno da dodici anni in poi, vale a dire, durante un anno intiero di Giove, per mostrare le variazioni lente che produconsi alla sua superficie, e dodici disegni d'un anno medesimo per mostrare le sue variazioni rapide. Sulla prima pagina (fig. 231), si vedono i disegni annuali, il primo dei quali data dal 1868 e l'ultimo è dell'agosto 1879; sulla seconda pagina (fig. 232), si sono riuniti i disegni fatti in una stessa epoca: aprile 1874. In tutti questi disegni, il sud trovasi in alto e il nord in basso, come si vedono gli astri nel cannocchiale astronomico, che rovescia le imagini. L'esame *diligente* di questi disegni mostrerà meglio che nol possa fare qualunque descrizione, la successione dei cambiamenti osservati. Si vede che l'aspetto di questo mondo gigantesco non varia solamente d'anno in anno, ma altresì dall'oggi al domani.

Ecco quel che più di certo vediamo nell'aspetto di Giove: le sue fasce nuvolose e le loro bizzarre variazioni. Talfiata in tre o quattro ore una nuvola

si allunga sopra un'intera latitudine del disco; tal'altra l'aspetto totale muta da un giorno all'altro; altre volte invece non si scorgono variazioni sensibili durante settimane intere; in questi giorni (1879) si vede una macchia rossa che vi si mostra da più di un anno. Ora, non è il calor solare che può produrre tutto questo, poichè Giove non ha stagioni, e che per tutto il lungo corso del suo anno la variazione relativa della sua temperatura proveniente dall'astro centrale non eccede quella che noi abbiamo qui durante i quindici giorni che precedono o seguono gli equinozî di primavera e d'autunno. La variazione dipendente dall'eccentricità dovrebbe manifestarsi solamente di sei in sei anni. In che modo quest'azione così lenta e tanto debole potrebbe essa produrre le prodigiose e rapide variazioni atmosferiche osservate su questo pianeta?

Si è creduto fino ad ora che la temperatura alla superficie di Giove fosse inferiore a quella della nostra atmosfera, a motivo della sua maggiore distanza dal Sole. Ora, l'esistenza del vapor acqueo che satura l'atmosfera di quel globo e i formidabili movimenti che vi vediamo compiersi fin da qui, conducono al contrario a pensare che Giove sia più caldo della Terra. Deve essere alla sua superficie più caldo di quello che lo possa rendere il Sole. Forse possiede dei vulcani e delle sorgenti di vapore; forse è la sede di rivoluzioni capaci di produrre i fenomeni che noi osserviamo nella sua atmosfera; forse l'elettricità è in giuoco in queste variazioni, e fors'anche l'atmosfera di questo pianeta s'accende talora dei fuochi di immense aurore boreali.

Uno dei disegni che meglio mostrano le enormi variazioni osservate, è quello che riproduciamo (fig. 233) fatto a Palermo da Tacchini, il 28 gennajo 1873: la grande macchia allungata in forma di *f* si projetta sopra un fondo roseo. Del resto, dal 1870 al 1873 il disco del pianeta parve fortemente colorato: è l'epoca in cui il nostro cielo terrestre è stato tanto sovente illuminato da aurore boreali.

In quanto alla costituzione fisica e chimica dell'atmosfera di Giove, possiamo anzitutto notare ch'essa deve essere di una considerevole densità nei suoi strati inferiori, a motivo della intensità della gravità; d'altra parte l'analisi spettrale mostra che colà trovasi del vapor acqueo come qui, oltre ad alcune altre sostanze che sembrano specialmente proprie di quel mondo; essa mostra pure che le parti che ci pajono scure sono più profonde di quelle chiare: la luce solare penetra più profondamente in quei punti là, e vi subisce un'alterazione più marcata.

Le fasce bianche di Giove e le sue macchie chiare rappresentano certamente per noi le nubi le più alte della sua atmosfera. Le regioni scure, generalmente tinte da un bruno marrone e talora rosso, rappresentano od il suolo del pianeta, oppure gli strati inferiori dell'atmosfera. La differenza di

livello è certamente considerevole fra i due strati; tuttavia io non sono mai giunto a verificare, e nessun astronomo neppure ha mai notato, che questa differenza di livello sia possibile quando una macchia bianca giunge al lembo del disco. Lo spessore di questa atmosfera deve essere enorme e prodigiosa la sua densità diurna.

Tutte queste considerazioni ci provano che, laddove Marte, Venere e Mercurio rassomigliano più o meno al nostro pianeta, lo stesso non può dirsi di Giove. Colà, i materiali costitutivi, lo stato molecolare fisico e chimico, le forze locali, l'elettricità, il calore, si trovano *in condizioni ben diverse che sui quattro mondi precedenti.*

Pertanto, il regime meteorologico di Giove, tale quale noi l'osserviamo

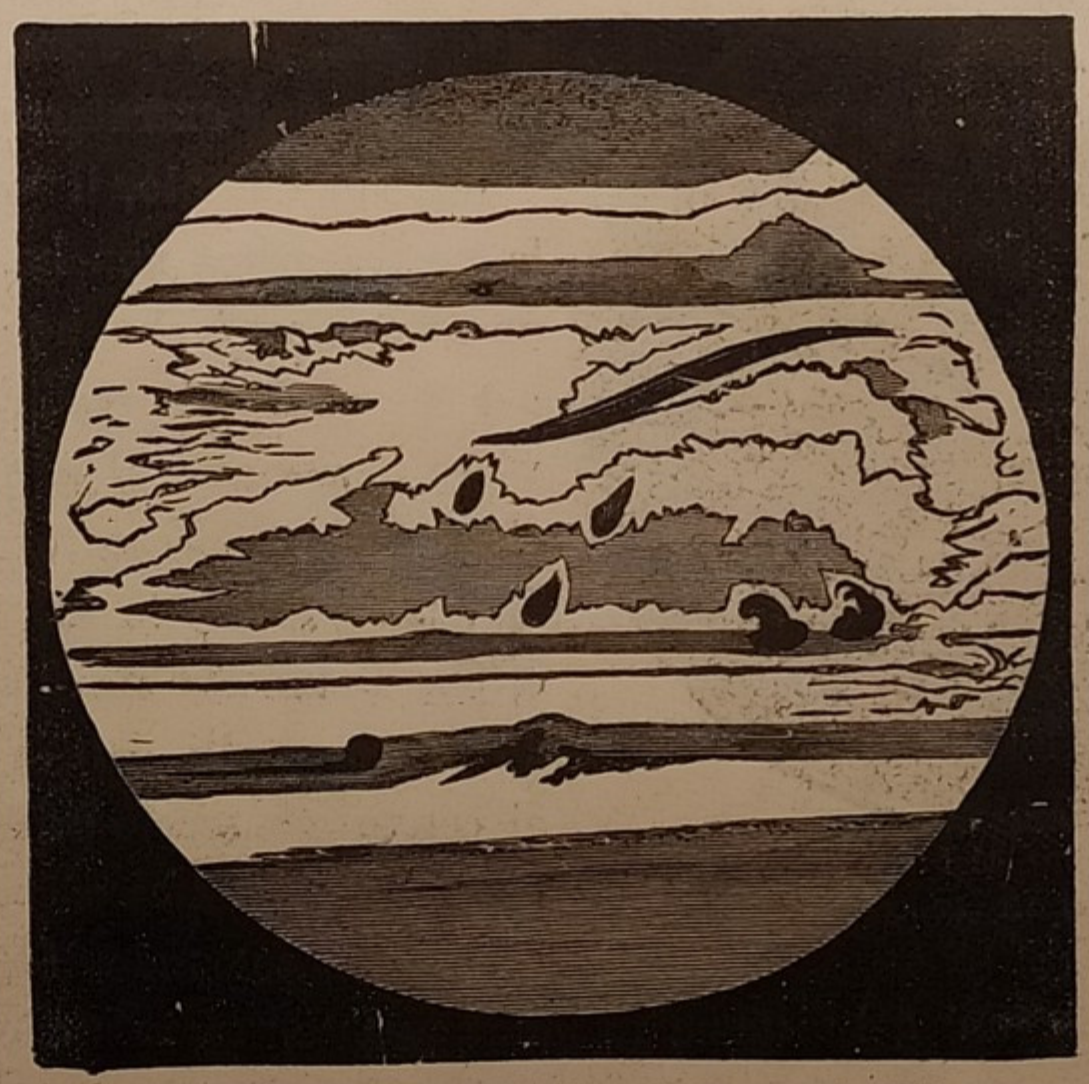


Fig. 233. — Aspetto di Giove il 28 gennajo 1873.

dalla Terra, conduce a concludere che l'atmosfera di questo pianeta subisce delle variazioni più considerevoli di quelle che la sola azione solare potrebbe produrre: che quest'atmosfera è altissima e densissima; che la sua pressione è enorme; e che la superficie del globo non sembra pervenuta allo stato di consistenza e di stabilità a cui è ora giunta la Terra. È probabile che, quantunque nato prima della Terra, quel globo abbia conservato il suo calore originale in ragione del suo volume e della sua massa. Questo calore proprio che Giove sembra possedere ancora, è desso tanto elevato da impedire qualsivoglia manifestazione vitale? e questo globo è esso ancora attualmente non allo stato di sole luminoso, poichè i suoi satelliti scompajono nella sua ombra, e non ne ricevono alcuna luce, ma allo stato di sole oscuro e ardente, inte-

ramente liquido o appena coperto di una prima crosta solidificata, come lo fu la Terra innanzi la prima comparsa della vita alla sua superficie? Ovvero trovasi questo pianeta colossale nelle condizioni di temperatura per le quali è passato il nostro proprio mondo durante il periodo primario delle epoche geologiche, in cui la vita cominciava a far capolino sotto forme strane, con esseri vegetali ed animali di una vitalità meravigliosa, in mezzo alle convulsioni e alle tempeste di un mondo nascente?

Quest'ultima conclusione è senza contestazione, la più razionale che si possa trarre dalle osservazioni. Tuttavia, siccome noi non conosciamo tutte le risorse nascoste nella forza virtuale della natura, la logica ci conduce nel tempo stesso ad ammettere che questo mondo, così differente dal nostro, possa per avventura, nonostante la nostra ignoranza, essere attualmente abitato da organismi extraterrestri.

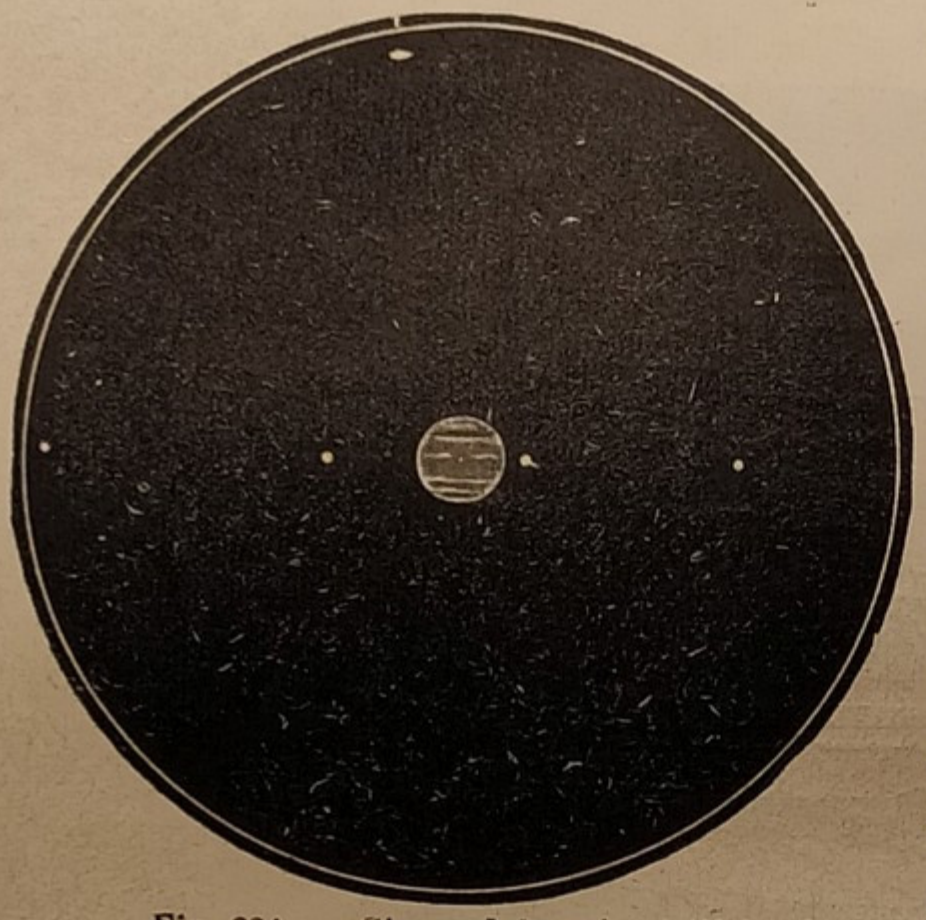


Fig. 234. — Giove ed i suoi satelliti nel campo di un cannocchiale.

Ma, ripetiamolo, il tempo è nulla, la nostra epoca non ha importanza, il presente non è che una porta aperta per la quale l'avvenire si precipita verso il passato; il momento che noi chiamiamo il presente non esiste più all'istante stesso in cui lo nominiamo; e, che un mondo sia abitato al diciannovesimo secolo dell'èra cristiana od al centesimo secolo prima o dopo, per l'eternità è la stessa cosa.

Il globo colossale di Giove cammina accompagnato da un bel sistema di quattro satelliti in fazione intorno ad esso. La prima volta che la curiosità scientifica diresse il cannocchiale di Galileo verso lo splendente pianeta (7 gennajo 1610) il fortunato scrutatore dei misteri celesti ebbe la consolazione di scoprire questi quattro piccoli mondi che dapprima prese per stelle, ma che tosto riconobbe appartenere allo stesso Giove. Vedutili alternativamente avvicinarsi, poi allontanarsi dal pianeta, passargli dietro, poi davanti, oscillare insomma a destra e a sinistra di esso, a distanze limitate e costanti, Galileo non tardò a concludere che quelli erano corpi che girano intorno a Giove lunghesso quattro orbite diverse: era il mondo di Copernico in miniatura; le idee di questo grand'uomo sembravano ormai impossibili a rigettarsi. Epperò si narra che Keplero, alla notizia delle osservazioni dell'astronomo di Firenze, esclamò, parodiando l'esclamazione dell'imperatore Giuliano: *Galilee, vicisti!*

Il satellite più vicino al pianeta gira intorno a questo alla distanza di

430 000 chilometri; il secondo alla distanza di 682 800 chilometri; il terzo a d una distanza di 1 080 000 chilometri; ed il quarto ad una distanza di 1 914 000 chilometri dallo stesso centro.

Veduti col sussidio di un cannocchiale ordinario, hanno l'apparenza di piccole stelle disposte secondo una linea condotta pel centro del pianeta, quasi parallela alle fasce e nel prolungamento dell'equatore. L'intero sistema è compreso in una superficie visuale di circa due terzi del diametro apparente della Luna. Se dunque si sovrapponesse, centro contro centro, il disco lunare su quello di Giove, non soltanto tutti i satelliti rimarrebbero coperti, ma il più lontano dal pianeta non s'avvicinerebbe al lembo della Luna neppur di un sesto del diametro apparente di questa.

Le configurazioni diverse e sempre mutevoli di questi quattro globi debbono nel cielo di Giove offrire uno spettacolo singolare. In seno al profondo

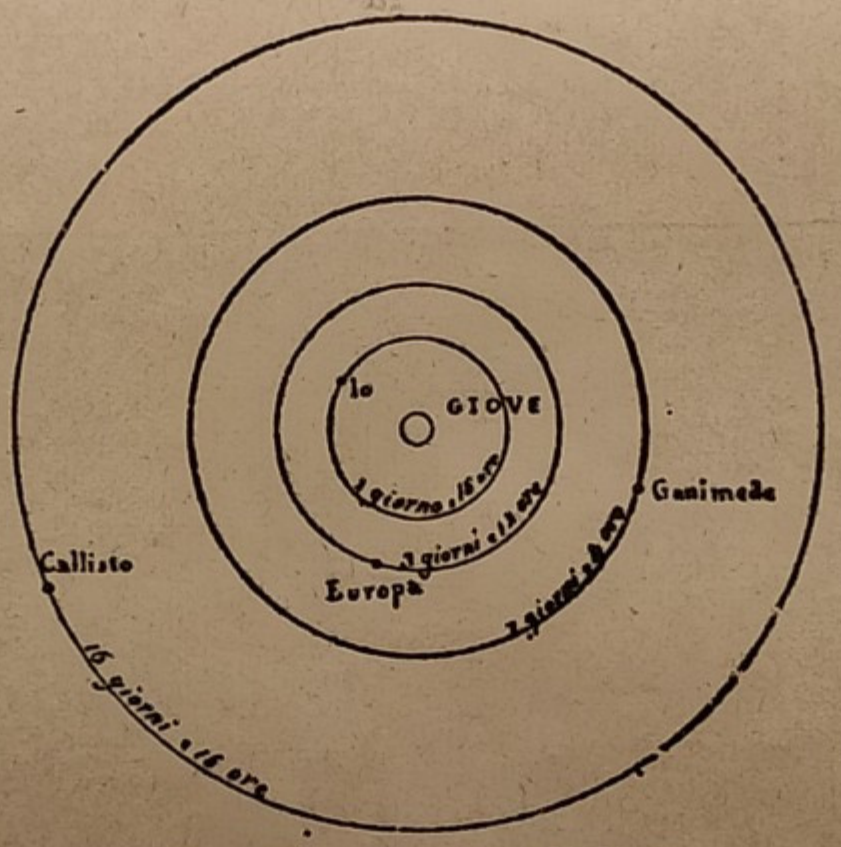


Fig. 235. — Il sistema di Giove.

silenzio della notte, allorchè l'unica nostra pallida Diana versa dall'alto dell'immensità la sua dolce e fredda luce, noi ci abbandoniamo alla corrente dei più mesti pensieri, mentre nella nostra anima scende lentamente l'influenza poetica della eterea sua luce. Che sarebbe mai se in questo stesso cielo parecchie lune disposassero i loro chiarori, scorrendo in silenzio nelle plaghe eteree, ed eclissando a vicenda le costellazioni lontane che s'approfondano e si perdono intorno alla notte infinita?

Questi quattro satelliti girano intorno al potente pianeta lungo le orbite rappresentate dalla figura 225, disegnata nella scala esatta di 1 millimetro per un raggio di Giove. Il piano di queste orbite non è perpendicolare al nostro raggio visuale, vale a dire che noi non li vediamo girare proprio di faccia a noi; al contrario, questo piano, come l'equatore di Giove, è parallelo al piano dell'eclittica (piano nel quale ci troviamo noi), di guisa che per

235

noi non fanno che oscillare a destra e a sinistra di Giove; noi non li vediamo mai nè sopra nè sotto. Gli è come se per guardare la predetta figura noi ponessimo l'occhio a livello col foglio di carta. Ecco ora gli elementi astronomici e i rapporti che questi quattro satelliti offrono col loro mondo centrale.

	DISTANZA DAL CENTRO DI GIOVE		DURATA DELLE RIVOLUZIONI	
	in raggi di Giove	in chilometri	in giorni terrestri	in giorni di Giove
I. Io	6,06	430 000	1 18h 27m 33s	4,27
II. Europa	9,62	682 000	3 13 14 36	8,58
III. Ganimede	15,35	1 080 900	7 3 42 33	17,29
IV. Calisto	27,00	1 914 000	16 16 31 50	40,43

	DIAMETRI				VOLUMI	MASSE	DENSITÀ
	appar.	Terra=4	Giove=1	in chil.	Giove=1	Giove=1	Terra=1
I. Io	1 02	0,32	0,027	3800	0,000020	0,000017	0,198
II. Europa	0 91	0,27	0,024	3390	0,000014	0,000023	0,374
III. Ganimede	1 49	0,47	0,040	5800	0,000060	0,000088	0,325
IV. Callisto	1 27	0,33	0,034	4430	0,000039	0,000043	0,253

Fig. 236 — Grandezze comparate di Marte, Ganimede, Mercurio e la Luna.

Come si vede, la è codesta una bella famiglia. Le dimensioni di questi mondi sono rispettabili. Il III° (Ganimede) ha un diametro eguale ai $\frac{47}{100}$ di quello della Terra, vale a dire quasi la metà: misura 5800 chilometri di diametro; per importanza è un vero pianeta. Non solamente eccede di molto al pari dei suoi compagni, tutti i piccoli pianeti che gravitano fra Marte e Giove, ma *oltrepassa di quasi il doppio il volume di Mercurio,* ed eguaglia i due terzi di quello di Marte. È cinque volte più grosso della nostra Luna. È un mondo effettivo.

Le loro masse riunite formano la 6 millesima parte di quella di Giove e i loro volumi fanno $\frac{47}{7600}$ del suo volume. La loro densità è superiore a quella del pianeta. La gravità alla loro superficie dev'essere però molto debole

La scoperta dei satelliti di Giove fu il primo risultato dell'invenzione dei cannocchiali (1).

Come avviene di tutte le scoperte, essa non fu ammessa senza qualche critica. Un'intera accademia, quella di Cortona, pretese che i satelliti erano l'effetto di una illusione ottica. Viveva a Pisa un filosofo di nome Libri, il quale non accondiscese mai a porre l'occhio ad un cannocchiale per non vedere i satelliti di Giove. Morì qualche tempo dopo. « Io spero — disse Galileo — che non avendo voluto vederli sulla terra, li avrà veduti andando in cielo » (2).

Giove projetta dalla parte opposta al Sole, un cono d'ombra in cui i sa-

Fig. 237. — Passaggio di un satellite sopra Giove ed ombra che esso produce.

telliti entrano di tempo in tempo, il che cagiona delle *eclissi* analoghe a quelle della Luna. Questo pianeta essendo molto più voluminoso della Terra e trovandosi inoltre molto più lontano dal Sole, la lunghezza del suo cono d'ombra è incomparabilmente maggiore di quella del cono d'ombra della

---

(1) Per far onore al duca de' Medici, Galileo aveva proposto di dare ai satelliti di Giove il nome di *astri dei Medici*.

Il P Rheita, di Colonia, il quale avea scambiato cinque stelle dell'Aquario per satelliti di Giove, propose di dare a quei nove seguaci del pianeta il nome di *astri Urbanottaviani*, in memoria di Urbano VIII (Urbanus Octavus).

Evelio, da parte sua, aveva proposto, per i satelliti autentici di Giove il nome di *astri Vladislavici*, in omaggio a Vladislao IV re di Polonia.

(2) Questa scoperta di Galileo mostra chiaramente che prima di lui non si erano osservati i satelliti di Giove. Tuttavia alcuni di vista eccellente li hanno qualche volta scòrti ad occhio nudo; questa occasione costituisce la *più alta prova* che io conosca per giudicare della portata della vista umana

Terra; essa misura 89 milioni di chilometri; questo cono si estende ben al di là dell'orbita del quarto satellite. Ne consegue che le dimensioni trasversali del cono, nei punti in cui può esser incontrato dai satelliti, sono quasi eguali a quelle del pianeta stesso; pertanto le eclissi di questi satelliti sono molto più frequenti di quelle della Luna.

I primi tre penetrano nel cono d'ombra ad ognuna delle loro rivoluzioni; il quarto solo rasenta talvolta il cono senza entrarvi, al disopra o al di sotto. Queste eclissi servono alla determinazione delle longitudini in mare: sono fenomeni che, potendo essere osservati contemporaneamente da un gran numero di punti del globo, indicano l'ora esatta, e per conseguenza la longitudine.

Allorchè i satelliti di Giove passano fra questo e il Sole, la loro ombra si projetta sul pianeta e si produce per quel pianeta delle vere eclissi di Sole, che noi da qui possiamo osservare.

Fra i moti dei primi satelliti esiste un rapporto particolare, da cui deriva questa conseguenza, accertata del resto anche dalle osservazioni, che i tre satelliti più vicini a Giove non possono subire eclissi simultanee: quando il secondo e il terzo sono eclissati contemporaneamente, il primo è in congiunzione col pianeta; se tutti e due passano dinanzi a Giove, in modo da produrre su di questo delle eclissi di Sole simultanee, il primo satellite si trova in opposizione, vale a dire eclissato esso medesimo (1).

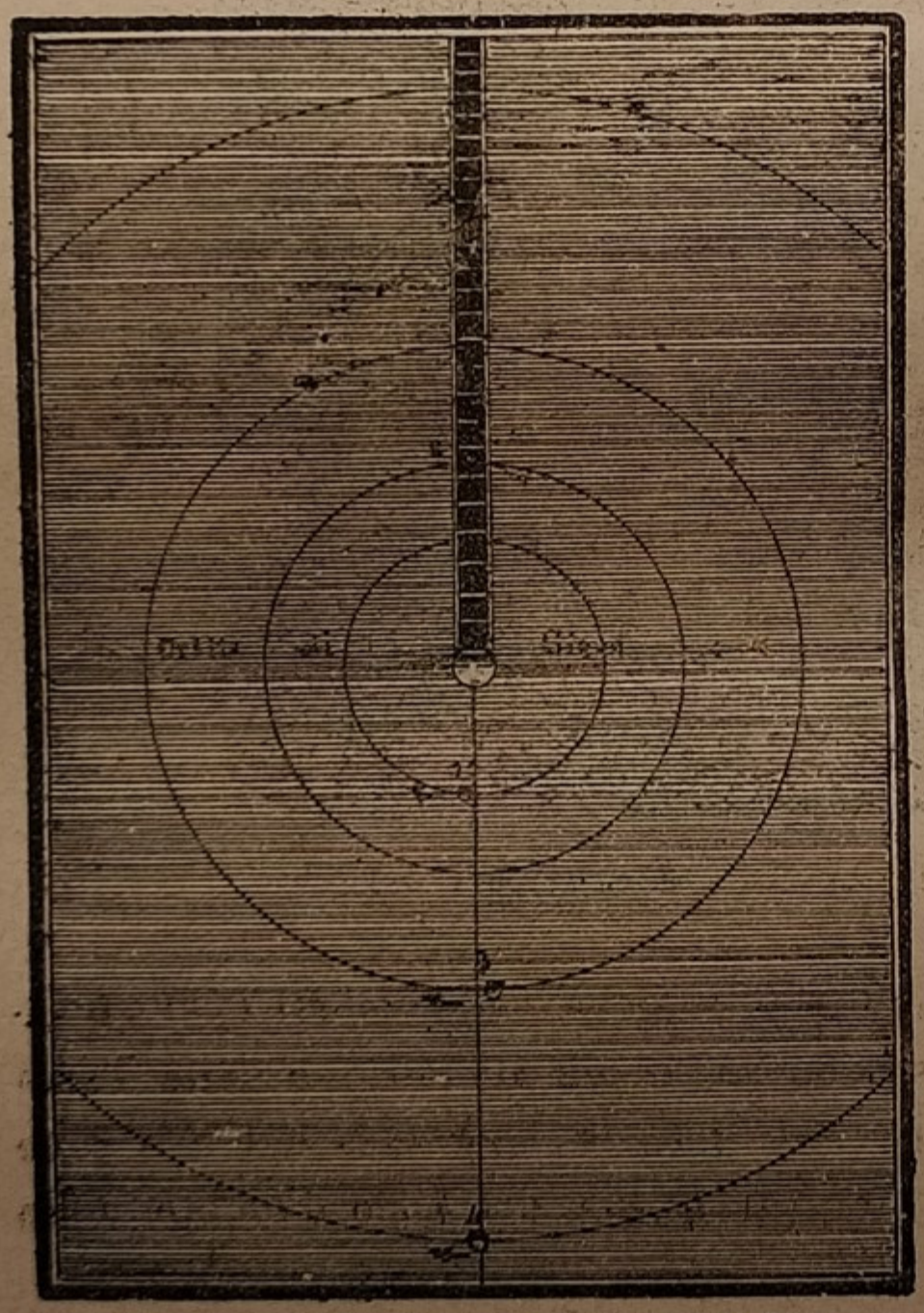


Fig. 238 — Disparizione dei satelliti di Giove.

---

(1) Accade qualche volta che i quattro satelliti ad un tempo scompajono alla nostra vista, alcuni essendo eclissati od occultati, gli altri trovandosi projettati sul disco luminoso di Giove.

Questa osservazione è stata fatta il 2 novembre (vecchio stile) 1681; il 23 maggio 1802; il 15 aprile 1826; il 27 settembre 1843 da $11^h\ 55^m$ a $12^h\ 30^m$; il 21 agosto 1867 da $10^h\ 13^m$ a $11^h\ 54^m$; il 22 marzo 1874 ad $1^h\ 46^m$ di mattina.

Noto che fra la 2ª e la 3ª osservazione, son decorsi 24 anni meno 38 giorni, e che fra la 4ª e la 5ª v'hanno 24 anni meno 37 giorni. La differenza di un giorno deve derivare dalle ore. Il periodo sembra essere esattamente 1867, 6377 — 1843, 7393 = 23 anni, 8984. Questa disparizione è la stessa; il III satellite passa davanti al disco e gli altri tre passano di dietro. Questo periodo comprende 523 rivoluzioni del IV satellite 1220 del III, 2158 del II e 4934 del I. Esso dà le seguenti date per questa curiosa disparizione: 1819, 841 (4 novembre) — 1843, 739 (27 settembre) — 1867, 638 (21 agosto) — 1891, 536 (16 luglio). Io credo adunque di poter predire una disparizione analoga pel 16 luglio 1891. Ciò non di meno la scomparsa osservata il 21 marzo 1874, dovuta al passaggio del II satellite dinanzi al pianeta e a quello degli altri tre di dietro, da del resto con quelle del 1802 e 1826 una cifra prossima alla precedente, ma non perfettamente eguale

Questi satelliti variano di splendore. Li ho osservati diligentemente, sopratutto negli anni 1873, 1874, 1875 e 1876. Parecchî fatti importanti emergono dal confronto di queste osservazioni. Il primo è che la natura intrinseca di quei quattro mondi e la loro superficie riflettente è molto diversa dall'uno all'altro di essi.

Riguardo alle *dimensioni*, l'ordine decrescente è stato il seguente: III, IV, I, II. Talvolta il primo parve più piccolo del secondo.

Riguardo allo *splendore intrinseco*, a superficie eguale, abbiamo, I, II, III, IV. Qualche volta il II parve un po' più luminoso del I.

Per la *variabilità*, l'ordine decrescente è IV, I, II e III (1).

1874,219 — 1826,287 = 47ª, 932, la cui metà è 23ª, 996; e tuttavia 1826,287 — 1802,389 dà 23ª, 898 che corrisponde al nostro primo periodo. Il periodo precedente avrebbe dato 1802, 389; 1826, 287; 1850, 185, 1874, 083. — La scomparsa avrebbe dovuto accadere il 31 gennajo invece del 22 marzo. — Problema aperto.

(1) Una osservazione rara mi ha confermato nelle precedenti conclusioni sull'esistenza di un'atmosfera intorno a questi globi. Il 25 marzo 1874, ad 8*h* 45*m* cominciava lo studio del disco di Giove, allorchè la mia attenzione fu immediatamente colpita dalla presenza di una macchia rotonda assolutamente *nera* e netta-

Fig. 239.

Fig. 240.

mente definita, situata a poca distanza dal lembo orientale del pianeta, e che spiccava ammirabilmente sul fondo bianco di una larga zona luminosa. Al disotto della macchia rotonda *nera* di cui ho detto, a contatto con essa se ne distingueva una seconda, rotonda del pari, ma non più nera come la precedente: essa era *grigia*, un po' più piccola, e tuttavia risaltava nettamente sullo stesso fondo bianco. Osservando attentamente il pianeta, non tardai a distinguere una terza macchia, situata a destra delle due prime e più al nord, verso il meridiano centrale, visibile, non più sul fondo bianco, ma sulla fascia grigia boreale. Essa era meno ben definita delle precedenti, difficilissima a ben discernersi, ed appena più scura nella fascia grigia sulla quale si projettava. Sembrava alquanto meno carica della seconda, a motivo del fondo su cui disegnava.

Dopo alcuni minuti di osservazione, non tardai a vedere che queste tre macchie si spostavano sul disco. Esse camminarono verso l'ovest ed uscirono dal disco a 10*h* 23*m*.

Nei disegni qui sopra, il primo rappresenta il disco di Giove a 8*h* 50*m*. La macchia N. 1 *nera* è l'ombra del III satellite; la macchia N. 2 *grigia* è l'ombra del II; la macchia N. 3 è lo stesso III satellite. Il secondo disegno rappresenta Giove a 10*h* 32*m*. Il II satellite (N. 4) non divenne visibile che all'istante dell'uscita, certamente a motivo della debole intensità luminosa dell'orlo del pianeta relativamente a quella dell'insieme.

Pertanto il III satellite, che sembra ordinariamente bianco come gli altri quando passa dinanzi al pianeta, era scuro, e più scuro della fascia grigia sulla quale si projettava. *Esso era quasi altrettanto scuro quanto l'ombra del II satellite.* Queste differenze di splendore osservate su questi piccoli mondi, mostrano che il loro suolo è ineguale come quello della Terra e che sono circondati da atmosfere variabili esse medesime.

La grandezza fotometrica di questi satelliti è rispettivamente eguale a 6,2; 6,3; 5,8 e 6,6.

Queste osservazioni provano che i quattro satelliti di Giove presentano una singolare variabilità. Sono mondi che meriterebbero di essere assiduamente osservati. È altamente probabile che sieno attualmente abitati e che formino le prime tappe della vita nel sistema di Giove.

Alcune parole ancora su questo mondo gigantesco, considerato come osservatorio.

La Terra, veduta da Giove, è un punto luminoso oscillante nelle vicinanze del Sole, dal quale essa non si allontana mai più di 12°, vale a dire di 24 volte il diametro sotto il quale noi vediamo questo astro. Essa non potrebbe dunque essere veduta che la *sera* o la *mattina*, come per noi Mercurio, e meno ancora, assai difficilmente visibile ad occhio nudo, ma offrendo negli strumenti di ottica l'aspetto della Luua in quadratura. Presenti o futuri, se gli astronomi di Giove osservano con diligenza il Sole, la scoperta del nostro picciol globo sarà loro stata facile almeno nei suoi passaggi dinanzi al Sole, come noi potremmo farlo per un pianeta intermercuriale. Gli è così che ci si vede di lassù...

Certamente, se sopra Giove corresse voce che gli abitanti di quel piccolo punto nero pretendono che tutto l'universo fu costruito per essi, è probabilissimo che i buoni borghesi giovani scoppierebbero in tale omerica risata da farsi udire fin qui.

Di notte, lo spettacolo del cielo visto da Giove è lo stesso di quello che noi vediamo dalla Terra, in quanto alle costellazioni. Là splendono, al pari di qui, Orione, l'Orsa maggiore, Pegaso, Andromeda, i Gemelli e tutte le altre costellazioni, non che i diamanti del nostro cielo: Sirio, Vega, Capra, Procione, Rigel e i loro rivali.

I 780 milioni di chilometri che ci separano da Giove non cambiano *nulla* alle prospettive celesti. Ma il carattere più singolare di questo cielo è senza alcun dubbio lo spettacolo delle quattro lune, ciascuna delle quali presenta un moto diverso. La più vicina corre nel cielo con un'enorme celerità e produce quasi tutti i giorni delle eclissi totali di sole per le regioni equatoriali del pianeta. Le tre lune interne sono eclissate ad ogni rivoluzione, appunto nelle ore in cui si mostrerebbero nel loro pieno; la quarta soltanto arriva alla sua fase di pienezza.

Contrariamente ad un'opinione generalmente ammessa, questi astri non danno a Giove tutta la luce che si suppone. Potremmo credere infatti, come fu scritto così di sovente, che queste quattro lune rischiarino le sue notti quattro volte più che nol faccia per noi la nostra unica Luna, e che esse suppliscano in certo qual modo alla debolezza della luce che riceve dal Sole.

Questo risultato sarebbe sicuramente molto aggradevole, ma la natura non lo ha prodotto (1).

Facciamo ancora notare la magnificenza dello spettacolo che Giove stesso offre agli abitanti dei suoi satelliti. Visto dal primo, presenta un immenso disco di 20 gradi di diametro, 1400 volte più grande della luna piena! Che mondo! che quadro! colle sue fasce, colle sue perturbazioni atmosferiche e le sue sfolgoranti colorazioni, e tutto ciò veduto così da vicino! Quale sole notturno! forse anche caldo. Aggiungete a questo l'aspetto dei satelliti stessi veduti reciprocamente da ciascuno di essi, e voi avrete uno spettacolo notturno di cui nessuna notte terrestre può darci un'idea.

Tale è il mondo di Giove sotto il duplice punto di vista della sua organizzazione vitale e dello spettacolo della natura esterna, osservato da quell'immenso osservatorio. In quanto alla natura dei suoi abitatori presenti o di là da venire, noi non imiteremo l'inglese Whewell, il quale, a motivo della debole densità, non poteva vedere in essi che « delle creature gelatinose come le meduse che galleggiano alla superficie del mare »: nè il tedesco Wolf, che, a cagione della debole intensità della luce, supponeva loro degli occhî tre volte più grandi dei nostri ed una statura nella stessa proporzione; « ch'era appunto la statura della statua di Og, re di Bazan, il cui letto era lungo nove cubiti »; nè un romanziere americano, il quale ci assicura che, la forza muscolare degli esseri variando come il quadrato della sezione dei muscoli, e il peso crescendo come il cubo dell'altezza, gli abitanti di Giove non possono superare, a cagione del loro peso, la statura del generale Tom-Pouce!... Conviene guardarsi dal misurare gli abitanti degli altri mondi dietro i concetti più o meno incompleti che ci possono suggerire le forme della vita terrestre. La natura sa popolare tutti i mondi, alla loro ora, di esseri non terrestri appropriati alla loro situazione speciale nell'universo.

---

(1) I quattro satelliti coprono, è vero, una estensione di cielo maggiore della nostra luna, ma riflettono la luce di un sole 27 volte più piccolo del nostro (per effetto della distanza); in ultima analisi, la luce totale riflessa non è eguale ad un sedicesimo soltanto di quella della nostra luna piena, supponendo ancora che il suolo di questi satelliti sia altrettanto bianco, ciò che non sembra essere specialmente pel IV. Bisogna quindi considerare che il nervo ottico degli sconosciuti abitatori di Giove, essendosi formato e dovendo formarsi in mezzo ad un'intensità luminosa 27 volte minore di qui, deve essere più sensibile del nostro nella stessa proporzione; ed è naturale il pensare che quegli abitanti devono vederci « altrettanto chiaro » a casa loro come noi a casa nostra. La nostra organizzazione terrestre non può esser presa come tipo, giacchè essa è semplicemente relativa al nostro pianeta. Ora se gli occhi degli abitanti di Giove sono 27 volte più sensibili dei nostri, il loro sole è altrettanto luminoso per essi quanto per noi il nostro, e non occorre diminuire di 27 volte le splendore dei satelliti per giudicare del suo effetto su di essi. In realtà, dunque, l'insieme delle loro lune dà un massimo di luce misurato integralmente dalla superficie riflettente, e che per conseguenza oltrepassa di metà quella che ci invia, da noi, la luna piena.

CAPITOLO VII.

Saturno, la meraviglia del mondo solare.

5

Noi giungiamo qui all'antica frontiera del sistema del mondo, all'orbita del vecchio Saturno, dio del Tempo e del Destino, che dalle origini dell'astronomia planetaria sino alla fine dello scorso secolo ha segnato per i nostri avi il limite estremo del reame solare. Ancora ai tempi di Copernico, di Galileo, di Newton, era l'ultimo pianeta conosciuto; verso la metà dell'ultimo secolo, lo sfortunato Bailly, dotto erudito e cuore eccellente, che doveva, nella tormenta rivoluzionaria, venir sacrificato alla cieca collera di un popolo, credeva dare un'alta idea della estensione del sistema solare valutando la distanza di Saturno a 218 000 volte il semidiametro della Terra, ossia a 327 milioni di leghe, e supponendo che, il limite arrestandosi lì, le stelle potevano non essere molto più distanti. La distanza di Saturno era press'a poco esatta, poichè essa è realmente di 355 milioni di leghe (355 milioni×4 di chilometri); ma, nel 1781, la scoperta di Urano ha scostato la frontiera del sistema fino a 733 milioni; nel 1846, quella di Nettuno l'ha respinta ancor più in là, fino a più di un miliardo di leghe, — e, come abbiamo già visto, la stella più vicina è ottomila volte più lontana di Nettuno!

Lo spirito umano ha seguito a passo a passo nel suo concetto dell'universo le irradiazioni projettate nell'infinito dalla face di Urania; non possiam stancarci di ripetere con Laplace che « per la sicurezza delle sue vedute e la grandiosità dei suoi risultati l'Astronomia è il più bel monumento dello spirito umano ». Era già un immenso progresso sul medioevo e sull'antichità il concetto del sistema solare, e anche del sistema stellare, con un diametro di seicento milioni di leghe. Ai tempi di Esiodo e di Omero, si credeva che l'estensione dell'intero universo fosse stata misurata dalla favolosa incudine di Vulcano, la quale avrebbe impiegato nove giorni e nove notti a cader dal cielo sulla Terra e altrettanto per discendere dalla Terra agli Inferni. Tuttavia essa non sarebbe caduta che da un'altezza di 575 500 chilometri, vale a dire,

soltanto da una distanza un po' maggiore di quella della Luna (1). Adesso pare a noi che non si doveva poter respirare in un così piccolo edifizio chiuso da ogni parte entro una sfera di cristallo.

Saturno appare ad occhio nudo come una stella di prima grandezza, ma molto meno splendida di Venere, Giove, Marte, Mercurio. Il suo colore è alquanto plumbeo. La lentezza del suo moto e la tinta della sua luce ne avevano fatto per gli antichi un pianeta nefasto. Saturno infatti era in fama del più grave e più lento degli astri, dio detronizzato e relegato in una specie di esilio. Il giorno del Sabbato gli era consacrato. — Durante i lunghi secoli in cui fiorì l'astrologia, la Terra e l'Uomo essendo considerati come il

Fig. 241. — Gli astrologi. Figura del XIV secolo, attribuita a Holbein.

centro e lo scopo unico della creazione, ogni pianeta esercitava la sua influenza in rapporto al valore di ciascun'esistenza. L'astro di Saturno, dal-

---

(1) Ho trovato una formola semplicissima per fare questo calcolo, come qualunque altro analogo. La durata della caduta di un satellite verso il suo pianeta non è altro che la sua rivoluzione divisa per la radice quadrata di 32:

$$\frac{R}{5{,}656856}$$

Si ha dunque qui: Riv. $= 9g \times 5{,}656856 = 50g$, 911704

$$\text{cioè } \frac{50{,}91^2}{27{,}32^2} = \frac{h^3}{69{,}27^3}$$

$$h = \sqrt[3]{760{,}200} = 91{,}4 = 581.870 \text{ chilometri.}$$

E. levandone il raggio terrestre di 6370 chilometri = 575,500.

l'influsso nefasto, andava associato ai più forti dolori: in lui parlava la voce del Destino.

Chi nasceva sotto il segno di Giove diventava celebre e saliva alle posizioni le più splendide per gloria e per ricchezza. Marte spingeva alla guerra. Mercurio era inspiratore del genio artistico. In quanto a quelli che nascevano sotto il segno di Venere, erano, a quanto pare, mortali felicissimi. Il più sin-

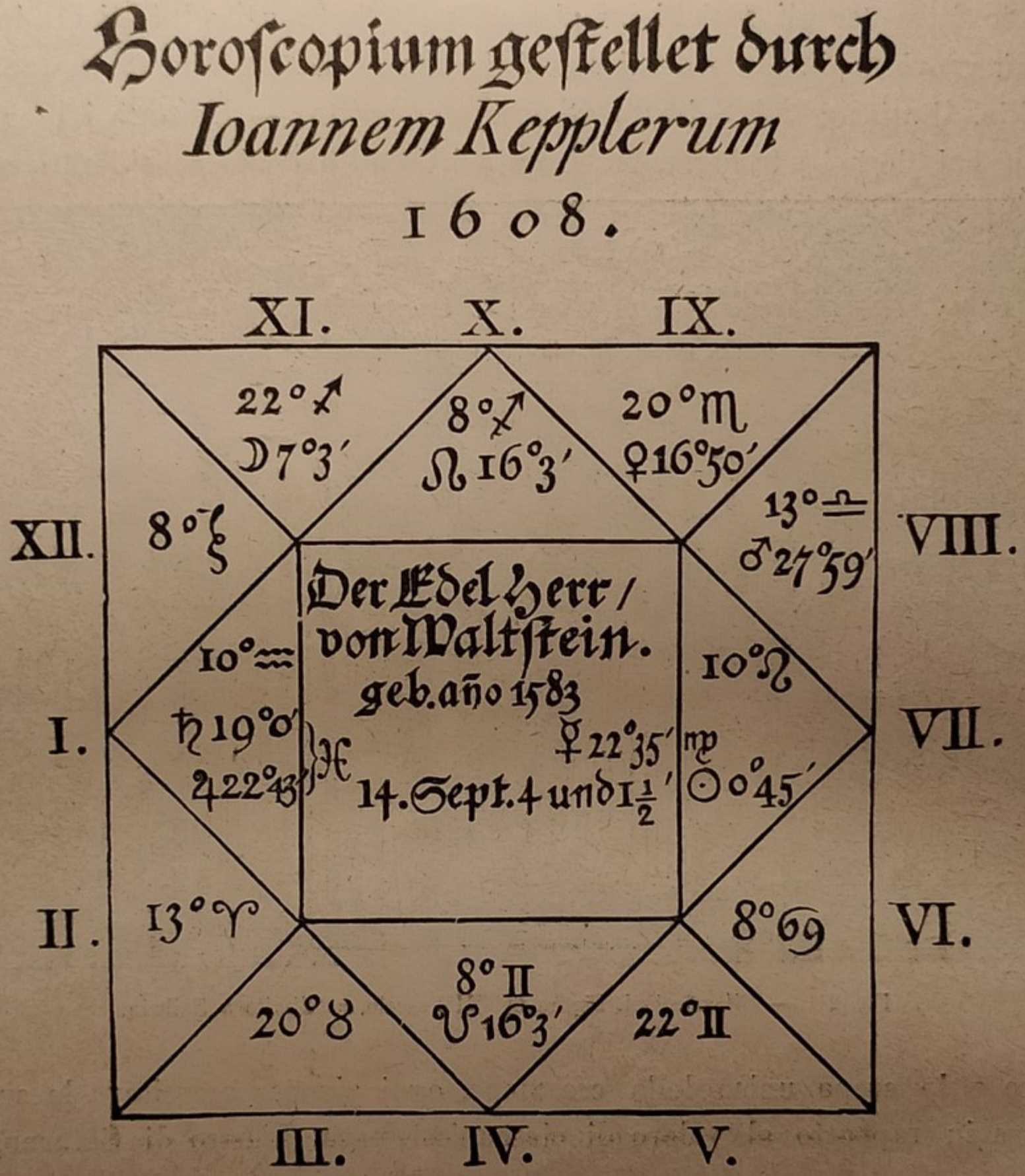


Fig. 242. — Fac-simile di un oroscopo cavato da Keplero nel 1608.

golare si è che v'erano delle regole belle e tracciate e che bastava all'astrologo di seguirle semplicemente per scavare l'oroscopo domandato. Tutti gli stati della vita erano classificati. Per darne un esempio, trascrivo qui un passo di un libro d'astrologia del tempo di Luigi XIII.

« Nel primo segno dello Zodiaco, Giove fra i vescovi, i prefetti, i nobili, i potenti, i giudici, i filosofi, i savî, i commercianti, i banchieri. Marte significa i guerrieri, gli incendiarî, gli assassini, i *medici*, i barbieri, i beccaî, gli orefici,

Fig. 243. — Nelle idee astronomiche di un tempo, di Saturno, dall'influsso nefasto, era associato ai più forti dolori.

i cuochi, i panattieri, e tutti i mestieri che impiegano il fuoco. Venere fa le regine e le belle signore, i farmacisti (che serie logica!), i sarti, i giojellieri, i mercanti di pannilani, i giuocatori, i frequentatori di bettole, i giuocatori di dadi, i libertini ed i briganti. Mercurio fa i chierici, i filosofi, gli astrologi, i geometri, i matematici, gli autori latini, i pittori, gli operaî ingegnosi e industri, tanto maschi che femmine, e le arti loro. Le persone alle quali Marte presiede sono aspre e rozze, invincibili, e in nessun modo venali, intiere, nocevoli, temerarie, violente, e sono abituate a ingannare il pubblico; golose, digerenti con facilità molta carne, forti, robuste, imperiose, cogli occhî sanguigni, coi capelli rossi, senza affezione per i loro amici, esercitanti le

Fig. 244. — Le influenze planetarie. Disegno del XV secolo.

arti del fuoco e del ferro ardente; insomma, fa ordinariamente gli uomini irascibili, rissosi, libidinosi, sofistici e collerici... »

È questo un esempio sufficiente. A quei tempi là, si credeva al diavolo, ai maghi, alle scienze occulte, e la giustizia umana, non meno dell'inquisizione, non si è fatta scrupolo di arder vivi, di torturare, appiccare, decapitare, squartare, arrotare dei poveri diavoli che non avevano sulla coscienza altro delitto che di essere zimbello della propria imaginazione e vittime di una società fondata sopra falsi principî. La madre di Keplero corse pericolo di essere condannata a morte per aver avuto una zia arsa come strega, perchè non piangeva mai, e non guardava la gente in viso. Keplero stesso credeva all'astrologia e tirò l'oroscopo di un gran numero di personaggi della sua

epoca, specialmente quello del famoso generale di Wallenstein (della guerra dei trent'anni) che lo teneva addetto al proprio seguito come astrologo. Avendo recentemente ritrovato questo oroscopo fatto di proprio pugno da Keplero, ne riproduco (figura 242) il *fac simile* come curiosità storica. Si vede che Wallenstein era nato nel 1583, 14 settembre a 4 ore e un minuto e mezzo sotto l'influsso di Mercurio, allora a 22° 35′ nella Vergine, trovandosi Saturno e Giove a 19° 0′ e 22° 43′ nei Pesci, Marte in Libra, Venere nello Scorpione, ecc. (1).

L'opinione antica intorno a Saturno si è conservata sino ai nostri giorni, presso taluni ingegni superiori. Il meraviglioso anello che circonda questo mondo singolare, anzichè menomare l'impressione leggendaria, l'ha ben anco invece confermata. Anche di recente avevo l'onore di intrattenermi su questo argomento col grande poeta Victor Hugo, il quale mi assicurava che, nella sua mente, Saturno non poteva essere che un ergastolo od un inferno.

L'*osservazione* più antica di Saturno che noi abbiamo, data dall'anno 228 prima dell'èra volgare. Noi parliamo di *osservazione*, vale a dire della notazione della posizione esatta nel cielo, capace di servire al calcolo del moto del pianeta, e non soltanto del fatto di veder Saturno in cielo, dacchè se i nostri progenitori hanno abitato il paradiso terrestre, essi hanno *visto* questo pianeta come tutti gli altri visibili ad occhio nudo.

La rivoluzione di Saturno, veduto dalla Terra, si compie in 29 anni e subisce 29 stazioni e retrogradazioni dovute alla prospettiva della nostra annua

---

(1) Come curiosità storica la nostra figura 241 è la riproduzione di una delle più antiche incisioni in legno, attribuita a Giovanni Holbein, rappresentante due astrologi che osservano uno il Sole, l'altro la Luna in mezzo alle stelle. Riproduciamo qui anche due altri disegni assai bizzarri; il primo, del XV secolo, è tratto da un'opera dell'alchimista Basilio Valentino d'Erfurt; rappresenta un moribondo, sul cui corpo posa un corvo, di sinistro augurio, e dalla cui bocca si inalzano due anime. Il Sole, la Luna e i cinque pianeti si scorgono nel cielo. La stella di Saturno è nera (fig. 244). L'altro disegno (fig. 245) è un anello costellato, tratto dalla *Dactyliotheca* di Abramo Gerlaeus. Non è nè l'anello di Salomone a cui dava una potenza assoluta sul cielo e sulla terra, nè quello di Gige che rendeva invisibile chi lo portava; ma, se si dà retta all'autore, questo anello daterebbe dall'epoca della civiltà romana, e i segni dei pianeti sarebbero più antichi di quello che abbiam detto.

Fig. 245.

Molto tempo prima di Geber, il primo scrittore di chimica, vale a dire lungo tempo innanzi l'VIII secolo, i *sette* metalli antichi erano consacrati ai *sette* pianeti antichi e ne portavano i nomi e i simboli.

Oro	☉ Sole	Piombo. . . .	♄ Saturno	Rame	♀ Venere
Argento . . .	☽ Luna	Stagno	♃ Giove	Mercurio . . .	☿ Mercurio
		Ferro.	♂ Marte		

traslazione intorno al sole. Passa in opposizione, cioè a dire dietro la Terra rispetto al Sole, tutti gli anni, con un ritardo di tredici giorni ogni anno.

1879	5 ottobre	1881	31 ottobre
1880	18 ottobre	1882	13 novembre

Queste epoche e i tre mesi successivi segnano il periodo della sua visibilità. Splende come una stella di prima grandezza, il cui splendore va attualmente crescendo fino al 1885 perchè i suoi anelli si spiegano, come vedremo più tardi. Le figure 183 e 186 potranno servire a rintracciarli in cielo; ma, del pari che Giove e Marte, è troppo facile riconoscerlo ad occhio nudo perchè si possano avere dei dubbî sulla sua identità. Attualmente (1879) trovasi nella costellazione dei Pesci e non vi ritornerà che fra trent'anni.

La sua rivoluzione siderea intorno al Sole si compie in 29 anni, 5 mesi e 16 giorni, in un piano che fa un angolo di 2° 30′ con quelli dell'eclittica. La eccentricità dell'orbita è di 0,056, che dà per le variazioni delle distanze dal Sole le seguenti cifre:

	DISTANZA		
	Perielia	Media	Afelia
Geometrica	9,0046	9,5388	10,0730
In chilometri	1 330 000 000	1 411 000 000	1 490 000 000

V'ha dunque più della distanza dalla Terra al Sole, quaranta milioni di leghe di differenza, tra la distanza di Saturno dal Sole (o dalla Terra egualmente) al suo afelio e al suo perielio. La posizione di questo perielio si trova a 81° dal punto dell'equinozio di primavera, vale a dire quasi giusto al punto del solstizio d'estate, verso la stella α della costellazione dei Gemelli; l'afelio si trova naturalmente nel punto diametralmente opposto, a 271°, fra le stelle δ e λ del Sagittario; il pianeta vi passava nel gennajo 1871. Questa linea ruota nel cielo progredendo di 1′ all'anno sull'eclittica. Saturno era allora nel ramo più lontano della sua orbita. Da quell'epoca si va avvicinando, e il suo prossimo passaggio al perielio avrà luogo nel settembre 1885. Questa variazione, aggiunta a quella dei suoi anelli, contribuirà ad accrescere il suo splendore apparente veduto dalla nostra stazione terrestre.

Il diametro apparente di Saturno misura in media 17″ 5 e varia da 15″ a 20, a norma della sua distanza dalla Terra. Questo stesso diametro, ridotto alla distanza fra la Terra e il Sole presa per unità, è di 169″ come abbiamo veduto (pag. 427), vale a dire 9 volte e mezzo (9,527) più largo di quello del nostro globo. Ma questo mondo è tutt'altro che sferico; è ancora più di Giove depresso ai poli, giacchè il suo schiacciamento polare è di $\frac{1}{10}$ e supera quello di qualsivoglia altro pianeta conosciuto. Noi possiamo assegnare al diametro equatoriale il valore di 120 mila chilometri; ne risulta che il giro del mondo saturnio fatto lungo il suo gigantesco equatore raggiunge quasi la cifra di 380 mila chilometri.

La superficie di questo mondo agguaglia quella di ottanta Terre prese insieme. Il suo volume, stimato 864 volte quello del nostro globo, qualora non si tenga conto dello schiacciamento polare che sottrae ai due poli 6900 chilometri di spessore, non supera in realtà quello del nostro globo che di 675 volte. È tuttavia ancora un volume rispettabile ed è di $\frac{3}{5}$ del volume del gigante Giove.

A motivo della velocità del moto rotatorio, la gravità è menomata di $\frac{1}{6}$ all'equatore, di guisa che, mentre sulle regioni polari gli oggetti pesano più che sulla Terra, all'equatore pesano meno. Un corpo che cade percorre sul nostro globo $4^m,90$ nel primo secondo di caduta, e sopra Saturno $5^m,34$ nelle latitudini polari, e solamente $4^m,51$ nelle regioni equatoriali. Se Saturno ruotasse soltanto due volte e mezzo più presto, gli oggetti in queste regioni *non avrebbero più nessun peso!*

V'ha di più: l'attrazione contraria dell'anello diminuisce ancora i pesi in una proporzione notevole, e v'ha una zona, fra l'anello interno e il pianeta, dove i corpi sono egualmente attratti in alto e in basso. Non occorre un grande sforzo d'imaginazione per indovinare che se un'atmosfera intermedia lo consente, gli aerei abitanti di Saturno possono godere della facoltà di inalzarsi fino agli anelli! Notiamo a questo proposito che il nostro glòbo medesimo, ruotando, determina una forza centrifuga che sta alla gravità nel rapporto di $\frac{1}{289.}$ Un oggetto che pesa, per esempio, 289 chil. ai poli, non ne pesa che 288 all'equatore. Perchè questa diminuzione divenisse eguale alla gravità bisognerebbe che la Terra ruotasse 17 volte più presto (poichè $17 \times 17 = 289$). Allora gli oggetti non avrebbero più alcun peso nelle nostre regioni equatoriali. Un abitante di Quito che saltasse soltanto a qualche centimetro di altezza non ricadrebbe più! Che dico, nessuno poggerebbe sul suolo! Nessun essere vivente, nessun oggetto, nessuna cosa si sosterrebbe per il proprio peso. Il più leggiero vento si porterebbe via tutto.

Saturno presenta al telescopio, come Giove, delle fascie, ma meno facili a discernersi, e non rettilinee, ma svolgentisi in curve, la qual cosa dà, a prima vista, indizio dell'inclinazione del suo equatore. Occorrono eccellenti strumenti per riconoscere le irregolarità che diversificano quelle fasce nuvolose, ed è difficile di osservarle nettamente. Tuttavia, esse furono per W. Herschel nel 1793 la prima testimonianza della rotazione del pianeta, che egli valutò di ore $10,16^m$. Non vi furono altre determinazioni di questa durata di rotazione fino al 1876, quando il signor Hall di Washington, occupato a misurare i satelliti col sussidio del rifrattore colossale di quell'Osservatorio, notò (7 dicembre) una macchia brillante sull'equatore del pianeta. Pareva di assistere ad una immensa eruzione di materia bianca lanciata con violenza dall'interno del globo; questa macchia si estese verso oriente come una lunga striscia

luminosa, e rimase visibile fino al gennajo successivo quando il pianeta si perdette nei chiarori del Sole. Si spedì tosto un dispaccio ad un gran numero di astronomi per invitarli ad osservare il fenomeno, e dietro il complesso delle osservazioni, l'astronomo americano trovò per la durata della rotazione *10 ore 14 minuti*, risultato che conferma in modo veramente notevole l'osservazione di Herschel.

Cinque ore di giorno e cinque di notte: *Venticinquemila giorni in un anno!* Quale calendario!

L'asse di rotazione di Saturno è inclinato di 64° 18′ sul piano dell'orbita; l'obliquità dell'eclittica è quindi per questo mondo 25° 42′. È un'obliquità poco differente da quella della Terra: da ciò possiamo concludere che le stagioni in questo mondo lontano, tuttochè durino ciascuna più di 7 anni, sono tuttavia poco diverse dalle nostre in quanto al contrasto fra l'estate e l'inverno. Analogamente i climi vi si distinguono, al par di quelli della Terra, in torridi, temperati e glaciali. Ma qual durata! *Sette anni l'una*. Ciascun polo e ciascuna faccia dell'anello rimangono senza sole per quattordici anni e 8 mesi!

Quanto alla quantità di calore e di luce che questo pianeta riceve dal Sole, siccome esso è quasi dieci volte più lontano del nostro dall'astro centrale, questo vi è veduto dieci volte più piccolo in diametro, 90 volte meno grande in superficie, e non manda del pari che $\frac{1}{90}$ di luce e di calore. Queste sono, evidentemente, condizioni di esistenza ben diverse da quelle della Terra.

Appena furono inventati i primi cannocchiali, Galileo notava fino dall'anno 1610 qualche cosa di bizzarro nell'aspetto di Saturno; gli pareva di vedere due palle da ciascun lato del pianeta. Aspettando la spiegazione, diede per tal ragione a Saturno il nome di tricorpo, e annunciò siffatta scoperta col seguente singolare logogrifo:

Smaisnermiclmbpobtatevmibvneuvgttaviras.

Keplero cercò indarno il motto dell'enigma, che consisteva in una trasposizione di lettere; Galileo le ristabilì nel loro ordine in modo di formare la frase latina seguente:

Altissimum planetam tergeminum observavi.

Ho osservato che il pianeta più alto è trigemino.

« Allorchè osservo Saturno — scriveva egli alcun tempo dopo all'ambasciatore del granduca di Toscana, — la stella centrale sembra la più grande. due altre, situate una ad oriente, l'altra ad occidente, e sopra una linea che non coincide colla direzione dello zodiaco, sembrano toccarlo. Sono come a dire *due servitori che ajutano il vecchio Saturno a percorrere il suo cammino* e stanno sempre ai suoi fianchi. Con uno strumento di minor forza l'astro sembra allungato e della forma di una oliva. »

Lo zelante astronomo ebbe un bel cercare, non fu più oltre favorito nelle sue ricerche come lo era stato nelle precedenti. All'epoca in cui gli anelli di Saturno si presentano a noi di profilo, scompajono a motivo della loro sottigliezza. È quanto accadde specialmente nell'anno 1612 (vedi la fig. 187). Galileo, trovandosi una certa notte nell'impossibilità di discernere alcun che ai due lati del pianeta, là dove alcuni mesi prima aveva ancora osservato i due oggetti luminosi, ne fu assolutamente disperato; giunse persino a credere che i vetri del suo cannocchiale l'avessero ingannato. Cadde in un profondo scoraggiamento, e non si occupò più di Saturno. Morì senza sapere che l'anello esisteva.

Più tardi Evelio dichiarò del pari che vi perdeva il ranno ed il sapone solamente nel 1659 Huyghens, il vero autore della scoperta dell'anello, ne

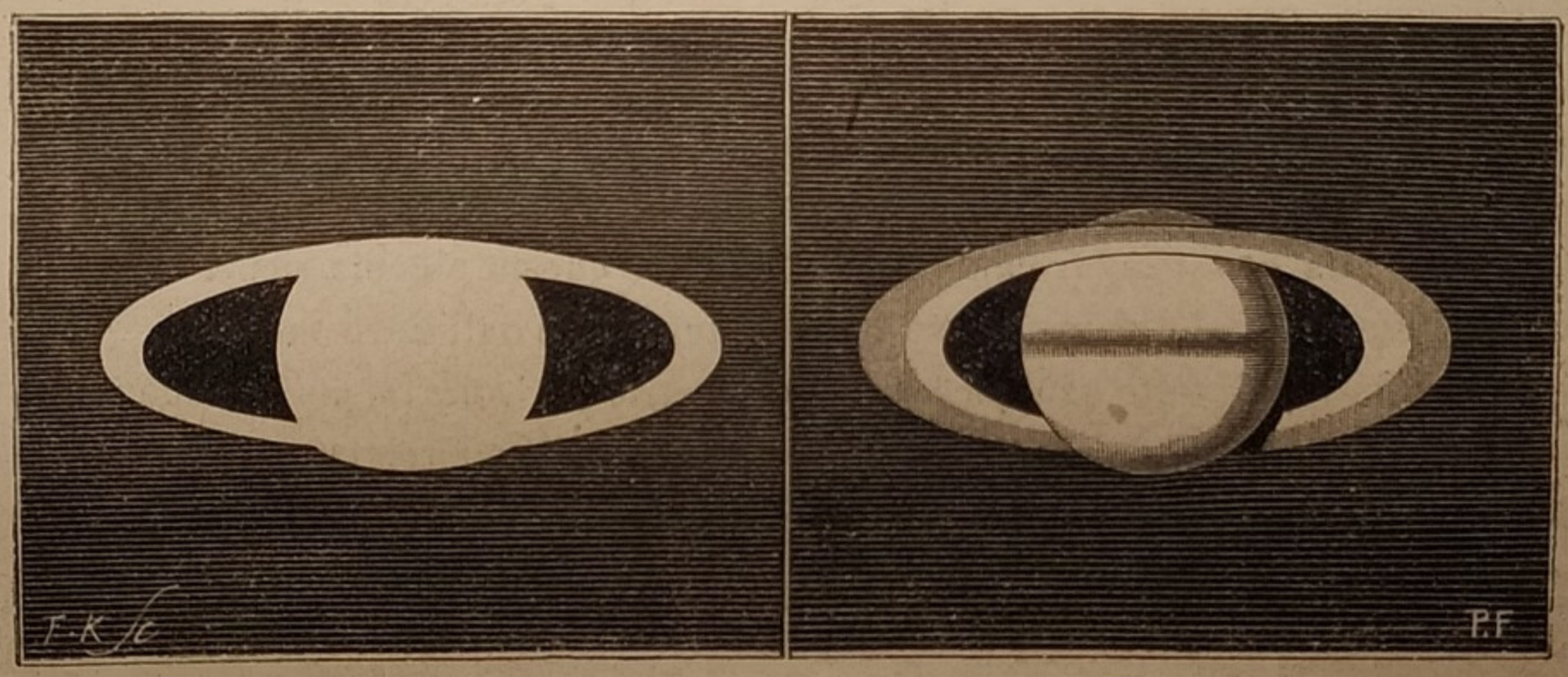


Fig. 216. — Antiche osservazioni di Saturno 1650 (Riccioli) — (Anello sdoppiato da Cassini).

diede la prima descrizione e ne fece la prima spiegazione. Tuttavia nascose la sua scoperta sotto la seguente maschera:

aaaaaa, cccc, d, eeee, g, h, iiiiiii, llll, mm, nnnnnnnn, oooo,
pp, q, rr, s, ttttt, uuuu.

Soltanto tre anni dopo, dichiarò che quell'anagramma voleva dire:

Annulo cingitur tenuo, nusquam cohærente, ad eclipticam inclinato.

È circondato di un anello leggiero, che in nessun punto aderisce all'astro, e inclinato sull'eclittica.

Queste parole racchiudono i tre fatti fondamentali della situazione di questa misteriosa appendice. Bisogna tuttavolta confessare che i dotti di quell'epoca avevano delle singolari maniere di pubblicazione. Tuttavia noi siamo debitori alla *curiosità* umana della feconda continuità di tutti questi sforzi, e si può dire che gli scienziati e sopratutto gli astronomi sono la gente più curiosa

del mondo (1). Facciamo eccezione per le donne ben inteso. È d'altra parte probabile che esse non conserverebbero per tre anni il segreto di una scoperta. In ciò, del resto, conveniva pienamente un indiscreto predicatore del tempo della Reggenza, il quale, il giorno di Pasqua, predicando innanzi a delle religiose, assicurò loro che « se Gesù Cristo risuscitato era apparso prima a delle donne, non era guari per far loro piacere, ma unicamente perchè la novella della risurrezione fosse diffusa più presto ».

L'ipotesi di un anello che circondava da tutte le parti, senza toccarlo, il globo di Saturno, non fu adottata immediatamente; parecchî sostenevano non esser quello che un effetto di riflessione della luce sopra superficie convesse.

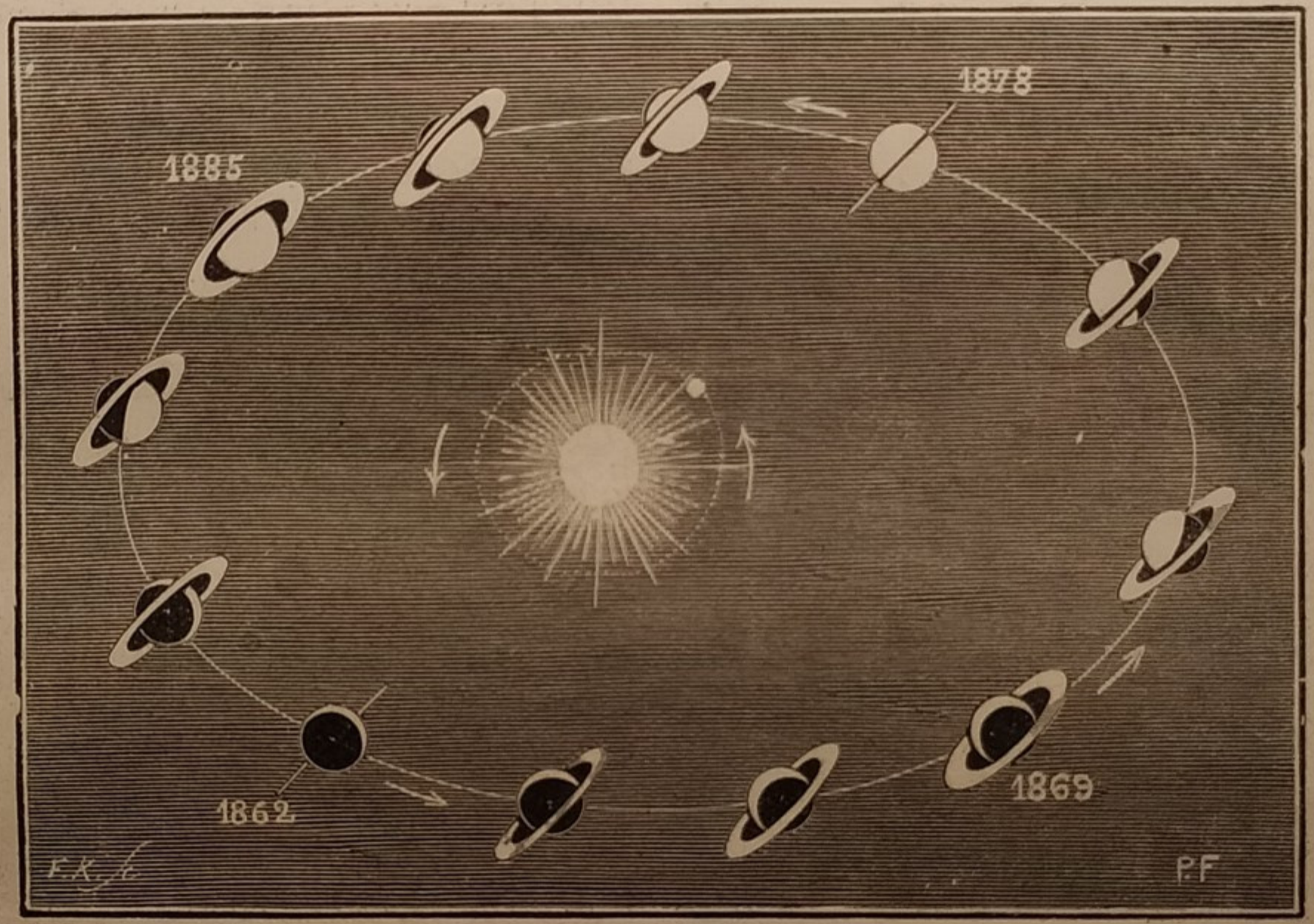


Fig. 217. — Prospettiva variabile degli anelli di Saturno veduti dalla Terra.

Auzout nel 1662 scoperse l'ombra di Saturno sull'anello, osservazione confermata molte volte di poi. Nel 1666 Hooke osservò che l'anello era più lumi-

---

(1) Alcuni sono persin troppo curiosi; lo prova il fatto che La Condamine, il quale, trovandosi un giorno in visita dalla duchessa di Choiseul, erasi collocato dietro la poltrona su cui ella era seduta scrivendo una lettera. — La duchessa scorge l'ombra di una testa inclinata sopra la sua spalla. Ella conosceva il suo uomo, e, senza volgersi, continuò a scrivere:

« Ve ne direi di più se il signor La Condamine non fosse qui, dietro di me, leggendo di soppiatto quello che vi scrivo. »

— Ah! signora, esclamò ingenuamente l'astronomo viaggiatore, nulla è più ingiusto di questo; le protesto che non leggo punto.

Fu vittima egli stesso della sua eccessiva curiosità. Un giorno, dopo aver subita un'operazione chirurgica che era riuscita assai bene, volendo rendersi conto della piaga, aprirla e chiuderla, l'invelenì tanto che ne morì.

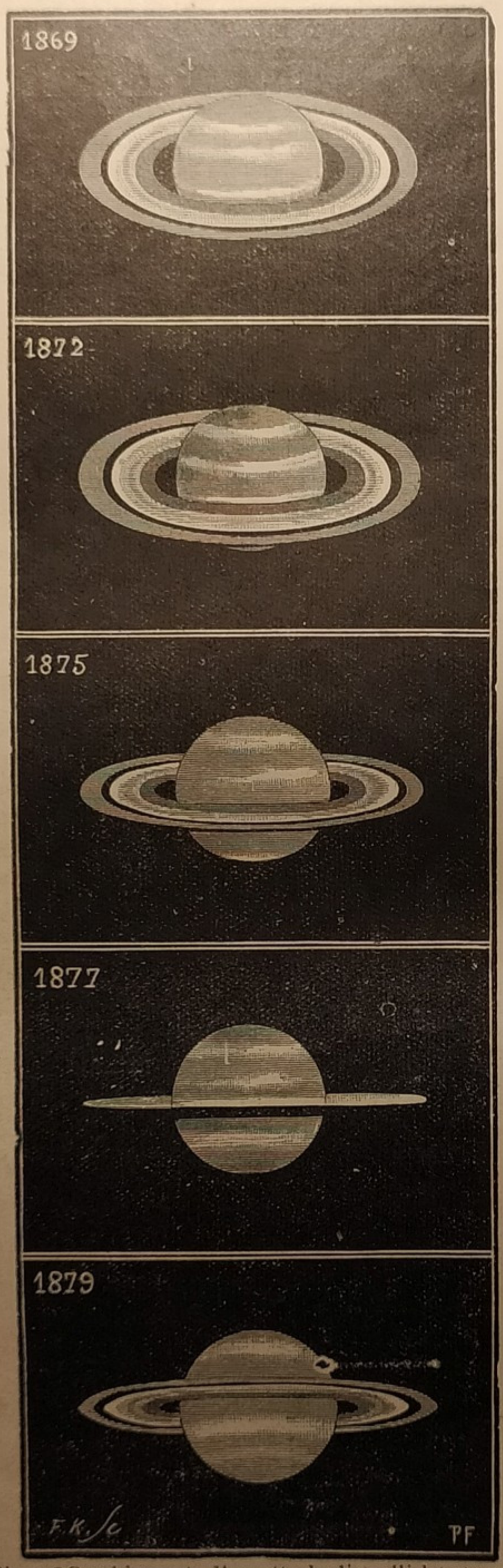


Fig. 248 Cambiamento d'aspetto degli anelli di Saturno

noso del pianeta. Nel 1675, Cassini lo vide diviso in tutta la lunghezza da una linea scura, che lo scomponeva in due porzioni di differente intensità. « La parte interna — diceva — è assai chiara, e l'esterna alquanto scura, la differenza di tinta essendo quella che passa fra l'argento non polito e l'argento brunito. » Questa scoperta era già stata fatta dieci anni prima da un inglese di nome Ball. Sul finire dello scorso secolo, William Herschel riconobbe l'esistenza di due anelli perfettamente distinti, uno esterno, l'altro interno, separati dalla zona nera di cui abbiam fatto parola. Nel 1837, Encke vide l'anello libero diviso in due da una stretta linea nera, e nel 1838 il P. de Vico scòrse due altre fasce nere simili sull'anello interno, ciò che darebbe un totale di cinque anelli separati da quattro intervalli oscuri. Di poi, Lassell, Daweg e Bond hanno scoperto fino ad undici divisioni.

Considerato nel suo insieme, l'anello fa col piano dell'orbita nel pianeta un angolo di 28 gradi. Per conseguenza, ad un osservatore situato sulla Terra, sembra sempre ellittico e di una dimensione trasversale variabile. Le ombre projettate mostrano che il corpo di Saturno e il suo anello sono rischiarati come noi dal Sole e non hanno altra luce.

Visti di fronte, ossia da un punto dello spazio situato nel prolungamento dell'asse del pianeta, gli anelli sarebbero conosciuti nella loro forma reale, cioè circolari.

Da qui noi non li vediamo mai se non obliquamente; alle epoche in cui ci appajono più aperti, il diametro minore apparente non è mai uguale alla metà del maggiore. Il disegno che presentiamo (fig. 247) mostra come si producano queste apparenze.

Due volte per ogni rivoluzione del pianeta, vale a dire ogni quindici anni circa, noi li vediamo sotto il loro massimo di apertura; sette anni e mezzo dopo quest'ultima epoca, e con un periodo pure di quindici anni, essi non si presentano che di profilo, e scompajono due volte; 1.° quando il Sole non rischiara appunto più che la costola dell'anello: 2.° allorchè il Sole rischiarando ancora la superficie boreale od australe degli anelli, la Terra viene a passare pel loro piano e non vede più nulla.

Negli strumenti più potenti resta ancora visibile un sottilissimo filo luminoso. Così, nel giugno 1877, la Terra è passata per il predetto piano; sono scomparsi una prima volta, riapparvero; poi, in febbrajo 1878, scomparvero di nuovo, non essendo più illuminati che di fianco. La loro superficie boreale che era illuminata fin dal 1862, ha perduto di vista il Sole per quindici anni, e la sua superficie australe ha cominciato ad essere illuminata (fig. 247).

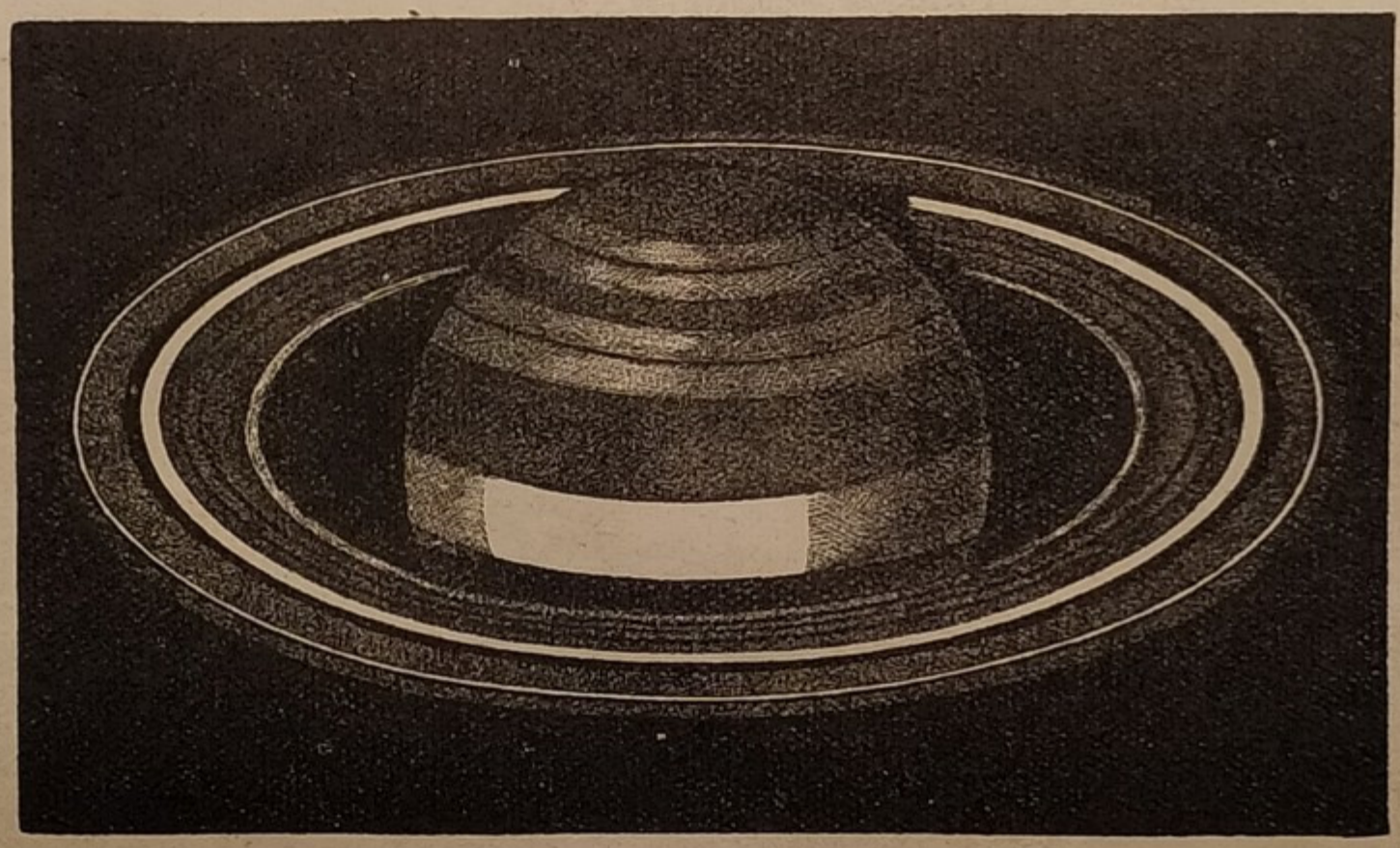


Fig. 249. — Il mondo di Saturno.

Ecco delle proporzioni che mostrano esattamente queste variazioni:

* Giugno 1869, apertura massima. Superficie boreale.	*Asse maggiore* =	41'', 5	*asse minore* =	18'', 5.
* Luglio 1872, diminuzione. Superficie boreale rischiarata.	41, 5	»	17, 0.
* Agosto 1875, diminuzione. Superficie boreale rischiarata.	42, 3	»	10, 0.
* Giugno 1877, passaggio nel piano della Terra.	40, 0	»	0, 4.
* Settembre 1877, leggiera inclinazione. Superficie boreale.	43, 3	»	2, 0.
Febbrajo 1878, passaggio per il piano del Sole	36, 5	»	0, 0.
Settembre 1878. Superficie australe rischiarata	43, 6	»	2. 9
* Settembre 1879. id. id. id.	41, 2	»	7, 3.

Tra i numerosi disegni che ho fatto di questo pianeta, ho scelto quelli che corrispondono alle date segnate con asterisco *, per riprodurli come appare dalla fig. 248. V'ha un'avvertenza speciale a fare su quello del 1877 (14 settembre) ed è che il ramo di destra, o dell'ovest, mi parve più brillante e più lungo dell'altro. (In questi disegni, le imagini sono dirette e non rovesciate.) Siffatta osservazione non è nuova: Saturno non occupa proprio il centro degli anelli; ma ordinariamente la differenza è tanto piccola che non la si avverte.

Questo aspetto degli anelli di Saturno, veduti specialmente alle epoche della

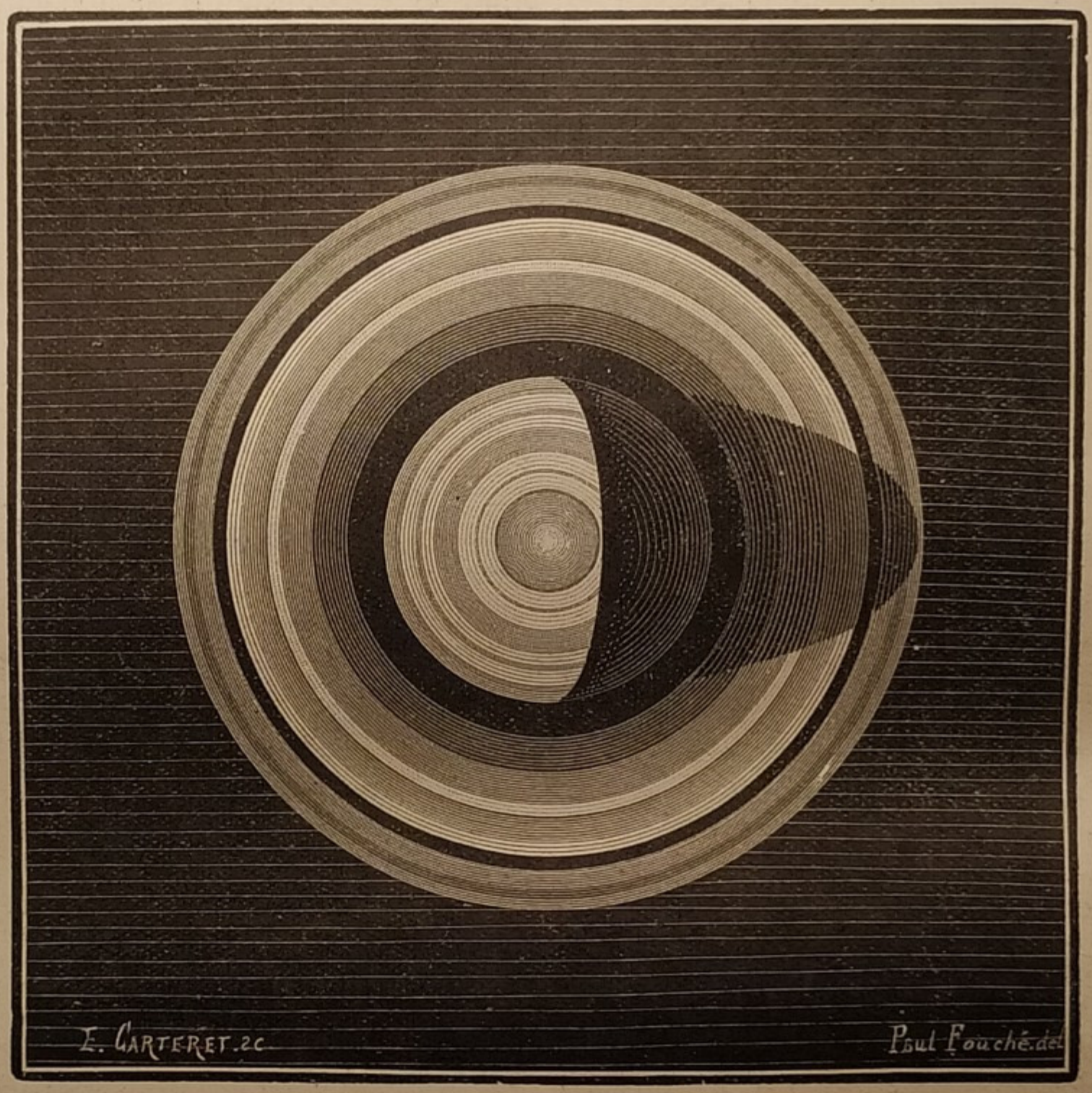


Fig. 250. — Gli anelli di Saturno veduti di fronte.

loro maggior lunghezza apparente, è meraviglioso e non si può sottrarsi ad una certa emozione quando si vede entrare nel campo di un cannocchiale astronomico questo meraviglioso corteggio. Allorchè si pensa che quello è come un ponte celeste sul quale l'intero globo della Terra potrebbe ruotare come una palla sopra una strada, e che il mondo che giganteggia al centro è parecchie centinaja di volte più voluminoso del nostro pianeta, l'imaginazione ci trasporta facilmente fino a quelle regioni sublimi ove le cure volgari della nostra mortale esistenza svaniscono come un sogno..... Quanto è strano che un così gran numero di uomini non abbia mai veduto una sif-

fatta meraviglia altrimenti che sotto una fredda incisione, mentre è oggi così facile il possedere uno strumento di osservazione! (1).

Quella celeste corona non è omogenea od uniforme; gli anelli non sono disposti secondo una superficie assolutamente piana, ma hanno delle ineguaglianze, che rendonsi visibili allorchè si presentano al nostro occhio di profilo, e che producono delle ombre sul pianeta. Allorchè la luce degli anelli è ridotta ad un filo, si osservano su quel filo dei nodi brillanti.

Fig. 251. — Aspetto telescopico di Saturno nel 1874.

Che sistema meraviglioso! e quegli anelli che, come si vede, non hanno meno di 284 mila chilometri di diametro esterno, e 47 200 di larghezza non hanno più di 60 o 70 chilometri di spessore!

Un terzo anello, interno rispetto ai due precedenti, fu riconosciuto nel 1850

---

(1) L'autore deplora che a Parigi non siasi ancora pensato di erigere un Osservatorio popolare, provvisto di cannocchiali e telescopi, ove gli amici della scienza e gli amanti delle bellezze del cielo possano aver accesso per contemplare gli astri e i fenomeni che di tempo in tempo attraggono l'attenzione del pubblico. — Milano non è certamente Parigi, ma accoglie pure un gran numero di dotti e di studiosi, nè mancano anche i curiosi. Sarebbe quindi decoroso, ed anche un mezzo facile di diffondere alcune cognizioni astronomiche, l'istituzione di un simile Osservatorio; i benestanti, i ricchi potrebbero mettere il loro obolo e costituire una società per ciò: di tali ve n'ha parecchie in America. IL TRAD.

dall'astronomo americano Bond, col sussidio del gran cannocchiale di Harvard College (Stati Uniti), e dagli astronomi inglesi Dawess e Lassel. Questo anello è oscuro e trasparente, giacchè attraverso ad esso si discerne il globo di Saturno. Era già stato scoperto nel 1838 da Galle di Berlino; ma quest'osservazione non aveva che ben poco fermata l'attenzione degli astronomi.

Ecco le misure dei due anelli principali:

Diametro esterno dell'anello esterno	40'',00	o chilometri	284 000
» interno »	35, 29	»	250 560
» esterno dell'anello interno	34, 47	»	244 800
» interno »	26, 27	»	189 360
Larghezza dell'anello esterno	2, 40	»	17 040
» della divisione fra gli anelli	0, 41	»	2880
» dell'anello interno	3, 90	»	27 720
Distanza fra l'anello e il pianeta	4, 00	»	28 000

L'anello di mezzo è sempre più brillante del pianeta, e il suo splendore aumenta sul lembo esterno; questo splendore diminuisce gradatamente fino al lembo interno, ove talvolta parve così debole, che era difficile distinguerlo dall'anello oscuro interno. Esaminato nel 1874 al grande Equatoriale di Washington, non presentava alcun contrasto notevole fra il suo orlo interno e quello esterno dell'anello trasparente; i due orli sembravano invece fondersi insensibilmente l'uno nell'altro. L'anello oscuro non cresce esso per avventura a spese dell'anello brillante?

Il signor Trouvelot ha fatto dal 1871 al 1875 delle osservazioni precise, dalle quali risulterebbe che l'anello trasparente inferiore ha mutato di aspetto dopo la sua scoperta nel 1850. Invece di essere affatto trasparente, come lo rappresenta la figura 249, che è un *fac simile* di quella di Bond medesimo, non lo è più che nella sua metà inferiore: il globo di Saturno resta visibile alla sua entrata sotto questo velo, ma scompare insensibilmente e non è più percettibile quando passa sotto il lembo esterno.

È questo un cambiamento reale, o non sarebbe quest'apparenza da attribuirsi che alla scrupolosa attenzione che l'autore recò alle sue osservazioni?

È difficile pronunciarsi sopra minuti particolari di tanta delicatezza.

Nondimeno è probabile che se Bond, Dawess, Lassell, Waren, de La Rue, ecc., non avessero seguito il tracciato del globo sotto l'anello grigio, fino all'anello brillante, essi non lo avrebbero disegnato con tanta sicurezza di contorni. Risulterebbe, del resto, da una analisi speciale fatta da Struve nel 1852, che il sistema di Saturno avrebbe subìto, dall'epoca della sua scoperta in poi, dei sorprendenti mutamenti, attesochè il lembo interno degli anelli sembra accostarsi a poco a poco al pianeta, e la larghezza totale nel tempo stesso aumenta; l'anello di mezzo pare crescere più presto dell'esterno. Siam forse per assistere un giorno al grandioso e formidabile spettacolo della dislocazione degli anelli di Saturno e della loro caduta su quel globo?

L'intervallo fra l'anello e il pianeta sembra diminuire in ragione di 1″, 3 per secolo, almeno se si prendono alla lettera le misure seguenti:

	ANNI	DISTANZE TRA L'ANELLO E IL PIANETA	LARGHEZZA DELL'ANELLO
Huyghens.	1657	6″, 5	4″, 6
Huyghens e Cassini	1695	6, 0	5, 1
Bradley	1719	5, 4	5, 7
W. Herschel.	1799	5, 12	5, 98
W. Struve	1826	4, 36	6, 71
Encke e Galle	1838	4, 40	8, 60
W. Struve	1851	3, 67	7, 43

Con questa proporzione, e con tale velocità di ravvicinamento, l'anello luminoso giungerebbe a contatto col pianeta verso l'anno 2150 (1).

Ma quale è la natura di questa celeste corona?

Questi anelli sono solidi, liquidi o gasosi?

Qualunque sia il loro numero, essi non possono essere solidi e somigliare, per esempio, a cerchî piatti più o meno larghi. Le variazioni costanti dell'attrazione centrale del pianeta, combinate con quella degli otto satelliti, li avrebbero certamente sconnessi e frantumati, se avessero potuto formarsi, ma anzi avrebbero a priori impedito questa formazione.

Il solo sistema di anelli che possa sussistere, è un sistema composto di un numero infinito *di particelle distanti ruotanti intorno al pianeta con velocità diverse, secondo le loro rispettive distanze.* Non osservandosi nessuna rifrazione sul lembo del pianeta veduto attraverso l'anello interno, resta esclusa l'ipotesi che questo anello possa essere gasoso; qui i raggi luminosi non passano certo attraverso ad un gas. Gli altri anelli possono essere della stessa natura, ma formati di elementi abbastanza moltiplicati per non poter essere trasparenti. Questo vasto sistema deve rotare nei seguenti periodi:

	DISTANZA IN RAGGI DI SATURNO	PERIODO
Anello interno trasparente	1,36 a 157	5h 50m a 7h 11m
Largo anello centrale	1,57 a 2,09	7 11 a 11 9
Anello esterno	2,14 a 2,40	11 36 a 12 5
Primo satellite	3,25	22 37

Le particelle formanti l'anello trasparente debbono pertanto ruotare in tempi

---

(1) Senza affermare ancora il fatto, noi possiamo notare che è difficile di conciliare le descrizioni degli osservatori antichi coll'aspetto attuale dell'anello, senza ammettere che da due secoli si siano colà prodotti dei mutamenti di una certa importanza. Chiunque oggidì può accertarsi che la larghezza dei due anelli brillanti riuniti, è circa due volte maggiore di quella dello spazio oscuro che separa il pianeta dall'anello, mentre Huyghens descrive questo intervallo oscuro, siccome eguale all'ampiezza dell'anello e forse un po' più largo. L'esame dei disegni del XVII secolo produce la stessa impressione (vedi fig. 246). La differenza deve forse attribuirsi all'imperfezione degli strumenti allora in uso? No, giacchè quei vetri imperfetti davano al contrario una preponderanza alle parti luminose. L'anello scuro non esisteva forse prima che fosse scoperto? È possibile, dacchè il valente Schrœter ha studiato specialmente nel 1796 l'intervallo in discorso e lo ha trovato più nero del cielo; i due Herschel non l'hanno neppur essi veduto dal 1789 al 1830. Checchè ne sia questi anelli presentano delle irregolarità variabili, e si è anche potuto vedere dal disegno di Trouvelot (fig. 251) che l'ombra del pianeta sui diversi anelli indica delle differenze di livello abbastanza singolari.

compresi fra 5^h 50^m e 7^h $11,^m$ a norma della loro distanza, essendo più veloce la zona più vicina; quelle che compongono il largo anello luminoso debbono girare in periodi compresi fra 7^h 11^m e 11^h $9,^m$ sempre a norma della loro distanza; finalmente, il limite esterno di questo singolare sistema deve compiere la sua rivoluzione in 12^h $5.^m$ Ma gli otto satelliti che gravitano al di fuori degli anelli cagionano delle perturbazioni considerevoli in quei movimenti, perturbazioni tali che, forse, devesi all'equilibrio instabile che esse perpetuano, la conservazione dell'appendice saturniana, giacchè parmi che, senza il loro esterno sostegno, degli attriti e degli urti inevitabili dovrebbero mettere ad ogni istante in pericolo la stabilità di questa strana corona.

Benchè studiato sotto tutti i lati, il problema non è peranco risolto. Se

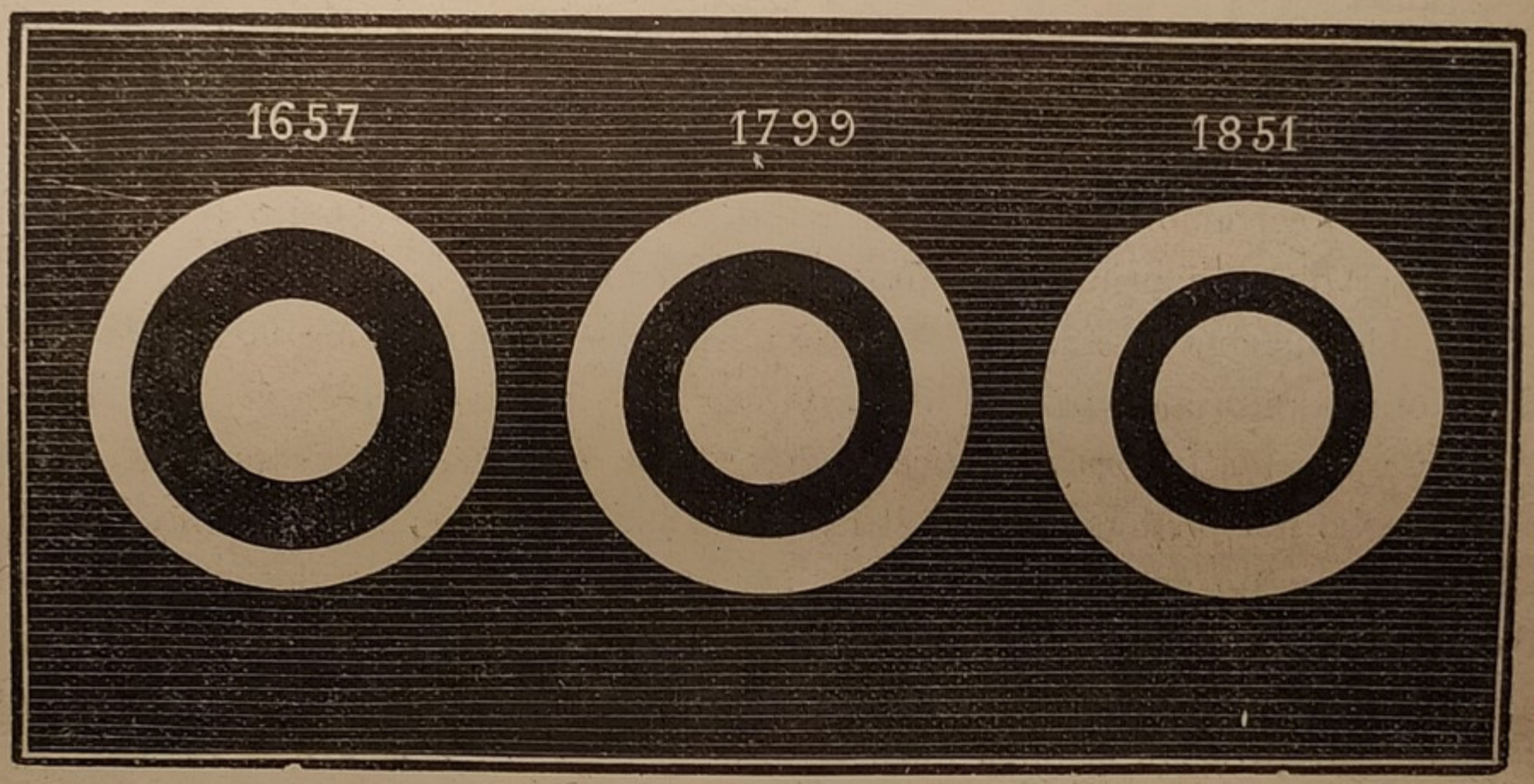


Fig. 252. — Avvicinamento probabile degli anelli di Saturno dopo la loro scoperta.

un giorno si potesse vedere una stella brillante passare proprio dietro questi anelli, e nell'intervallo che li separa dal pianeta, una parte del mistero potrebbe essere chiarita. Si dice che simile osservazione sia stata fatta da Clarke nel 1707; ma non ne fu fatta una descrizione speciale, e il fatto non si è poi più riprodotto.

Il meraviglioso sistema anulare che abbiamo testè ammirato non bastava all'ambizione di Saturno. Esso ha inoltre ricevuto in dono dal cielo il più ricco corteo di satelliti che esista in tutto il sistema solare: otto mondi l'accompagnano nei suoi destini. È un impero di due milioni di leghe di ampiezza. Tuttavia Saturno è tanto lontano che quell'ampiezza trovasi ridotta per noi ad uno spazio che la Luna ci mascherebbe interamente! Se il centro della Luna fosse sovrapposto al centro di Saturno, il satellite più lontano, anzichè escire dal lembo lunare, nemmeno vi si avvicinerebbe; ne ri-

Fig. 253. — Qual effetto prodigioso non deve produrre quest'arco gigantesco che si slancia all'orizzonte e va a proiettarsi sui cieli!...

marrebbe ancora lontano di un terzo dal semidiametro lunare. Ecco gli otto compagni di Saturno, colle loro distanze dal centro del pianeta valutate in chilometri, e le durate delle loro rivoluzioni valutate in giorni solari terrestri:

	DISTANZA DAL CENTRO DI SATURNO			DURATA DELLE RIVOLUZIONI	ORDINE DELLA SCOPERTA	SCOPRITORI	
	apparente	in raggi di Saturno	in chilometri				
I. Mimante . .	0'27''	3,36	207 000	0g 22h 37m 23s	7	W. Herschel	1789
II. Encelado . .	0,35	4,31	257 600	1 8 53 7	6	idem	1789
III. Teti	0,43	5,34	328 800	1 21 18 26	5	Cassini	1684
IV. Dione	0.55	6.84	421 200	2 17 41 9	4	idem	1684
V. Rea	1.16	9,55	588 400	4 12 25 11	3	idem	1672
VI. Titano	2,57	22,14	1 364 000	15 22 41 25	1	Huyghens	1655
VII. Iperione . . .	3,33	26,78	1 650 000	21 7 7 41	8	Bond e Lassel	1848
VIII. Giapeto . . .	8,35	64,36	3 964 000	79 7 53 40	2	Cassini	1672

I primi tre satelliti sono più vicini a Saturno di quello che lo sia la Luna alla Terra; e lo sarebbero ancora di più se si misurasse quella distanza partendo dalla superficie del pianeta: Mimante non è allora più distante, in media, di 36 350 leghe (chilometri 145 400), ed anche il IV, Dione, non ne è lontano che 360 000 chilometri, vale a dire meno anch'esso che la Luna da noi. Le loro distanze dall'orlo dell'anello esterno sono ancora più corte, e Mimante non ne è lontano che 69 800 chilometri.

La nostra figura 235 esibisce il sistema delle orbite nelle loro dimensioni relative nella scala stessa che abbiamo adoperata per Giove, vale a dire nel rapporto di un millimetro per un raggio di Saturno.

Questi satelliti non sono stati scoperti che successivamente, a seconda del loro ordine di splendore e del progresso degli strumenti d'ottica, come si può vedere dall'ultima colonna della precedente tabelletta. Il primo osservato (il più grande, Titano) fu scoperto da Huyghens nel 1655. Gli strumenti di questo astronomo sarebbero stati suscettibili di permettere la scoperta di altri, se li avesse attentamente cercati, ma allora si era persuasi che non vi potevano essere più satelliti che pianeti! e non si cercarono (1).

Tutti questi piccoli mondi furono battezzati da sir John Herschel, che diede loro i nomi dei fratelli e delle sorelle di Saturno, il che era il miglior partito da prendere dacchè quel buon genitore ha divorato tutti i suoi figli. Il più grosso si chiama Titano, il più lontano Giapeto (e non Japhet o Jafet, figlio di Noè, come trovasi scritto in molti libri d'astronomia); l'ultimo sco-

(1) Egli stesso ebbe l'imprudenza di scrivere che è il sesto satellite scoperto ai pianeti e che « siccome non vi sono che sei pianeti, non debbono esservi che sei satelliti ». Uno scienziato inglese diceva pure, nel 1729, che se Saturno ha più di cinque satelliti (allora conosciuti), non si scopriranno mai più di certo, « giacchè l'ottica non andrà guari più lontano ». — La storia delle scienze mostra che ad ogni istante i pregiudizi classici hanno ritardato il progresso: ogni epoca ha i suoi; è difficile di sottrarvisi, e quelli che sono abbastanza indipendenti per farlo, non sono, in generale, nè compresi, nè apprezzati dai loro contemporanei.

perto ricevette nel 1848 il nome di Iperione figlio di Urano e fratello di Nettuno.

Si sono osservate su questi satelliti delle variazioni di splendore denotanti che probabilmente girano intorno al loro pianeta presentandogli sempre la medesima faccia, come fa la Luna rispetto alla Terra. Giapeto, sopratutto, è a questo riguardo affatto singolare. È quasi altrettanto brillante quanto Titano all'ovest del pianeta, mentre che all'est, 7 gradi dopo l'opposizione, scompare quasi interamente. Senza dubbio una parte della sua superficie è incapace di riflettere i raggi solari.

Alla spaventevole distanza che ce ne separa, è difficile misurare le loro dimensioni. Nondimeno Titano, il satellite primario, presenta lo splendore di una stella di ottava grandezza, e gli si riconobbe un diametro di un secondo, che corrisponderebbe a 6800 chilometri; *è dunque più grosso di due dei principali pianeti del sistema solare, Mercurio e Marte.* Giapeto sottende un angolo di 0″, 60, corrispondente a 4000 chilometri, vale a dire quasi al diametro di Mercurio. Rea sembra aver il diametro della nostra Luna.

Ecco dunque tutto quanto un universo; un mondo colossale, una corona meravigliosa, e otto mondi che gravitano armonicamente. I Saturniani hanno senza dubbio il diritto di essere superbi e di credere che l'universo tutto intero è stato creato e messo al mondo appositamente per essi; le vòlte del loro cielo non sono imaginarie come le nostre, ma reali; là, i teologi hanno buon giuoco, e se Voltaire vi si reincarna, corre pericolo di pigliarle sonore.

L'osservazione diretta da un lato, dall'altro l'analisi spettrale, affermano l'esistenza di un'atmosfera analoga a quella di Giove. Si discernono al telescopio delle striscie formate da nuvole, della natura dei nostri cirri (1), le quali si dispongono in lunghe correnti nell'atmosfera saturnia a cagione della rapidità del moto di rotazione. La zona equatoriale è la più persistente, a motivo della attrazione dell'anello. Questa atmosfera di Saturno è d'altra parte così densa e così carica di nubi, che noi non vediamo mai la superficie del suolo, nè più nè meno che sopra Giove, eccetto forse verso le regioni polari le quali sono ordinariamente più bianche delle zone temperate e tropicali, forse perchè sono esse pure coperte di neve, e che mostransi tanto più bianche, sopra ciascun polo alternativamente quanto più inoltrato

---

(1) Per chi nol sapesse, diconsi *cirri* certe nuvolette leggerissime che realmente, come appajono all'occhio, libransi nelle più alte regioni dell'atmosfera (da 5000 a 6000 metri d'altezza) sotto forma di fiocchi di bambagia, di pennacchi, di filamenti esilissimi, È quasi certo che sono formati da fiocchi di neve, da leggieri ammassi di minutissimi aghi di ghiaccio natanti negli alti strati atmosferici; ed è nel loro seno che si formano (per rifrazione) gli aloni e i parelî. Appajono spesso sul finire di un periodo di bel tempo, e sovente veggonsi diretti a seconda del vento alto da S-O a N-E. Annunciano in generale un cambiamento di tempo.
Il Trad.

è l'inverno. Ma noi non distinguiamo punto, come sopra Marte, il suolo geografico, i continenti, i mari e le configurazioni svariate che debbono diversificarlo.

L'intensità della gravità alla superficie di Saturno oltrepassa di circa un decimo quella che si verifica da noi; ma la densità delle sostanze vi è sette

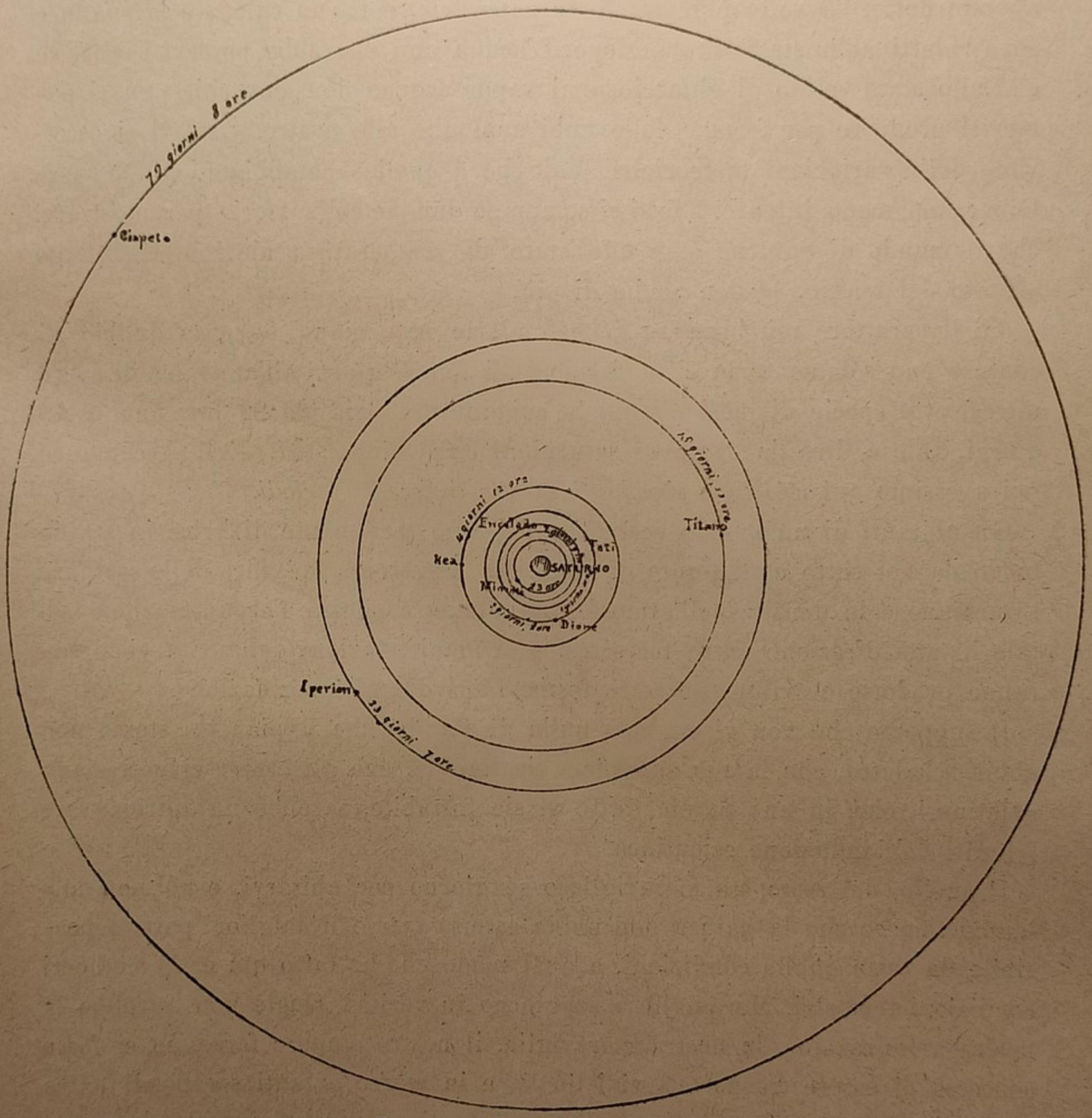


Fig. 251. — Il sistema di Saturno.

volte più debole che sulla Terra, e, per di più, la forma sferoidica del pianeta prova che, del pari che per Giove e per la Terra, questa densità va crescendo dalla superficie verso il centro, di guisa che le sostanze esterne sono di una leggerezza incomparabile. D'altra parte, se questa atmosfera è tanto profonda come sembra, deve essere alla sua base di una gran densità

e di una pressione enorme, e più pesante degli oggetti della superficie. È questo un caso assai strano.

Ora le osservazioni telescopiche ci inducono a credere, d'altra parte, che regni colà una temperatura più alta di quella che potrebbe conciliarsi colla distanza dal Sole, giacchè l'astro del giorno veduto da Saturno è, come già abbiam detto, 90 volte più piccolo in superficie, e il suo calore e la sua luce sono ridotti nella stessa proporzione. L'acqua non dovrebbe potervi sussistere che allo stato solido di ghiaccio, e il vapor acqueo non dovrebbe guari potervisi produrre per formar delle nubi analoghe alle nostre. Ora, vi si osservano delle variazioni meteoriche analoghe a quelle che abbiamo notate sopra Giove, ma meno intense. I fatti si sommano dunque colla teoria per mostrarci che il mondo di Saturno è in uno stato di temperatura almeno altrettanto elevato del nostro, se non anche di più.

Ma il carattere più bizzarro del calendario saturniano è senza dubbio di contare non solamente la cifra favolosa di 25 060 giorni all'anno, ma di avere altresì otto specie di mesi diversi la cui durata varia da 22 ore fino a 79 giorni, vale a dire da 2 giorni saturniani circa fino a 167. Egli è come se noi avessimo qui *otto lune circolanti in otto differenti periodi.*

Gli abitanti di un mondo così fatto debbono certamente differire in strano modo da noi sotto ogni punto di vista. La leggerezza specifica delle sostanze saturniane e la densità dell'atmosfera avranno condotto l'organizzazione vitale in una direzione extra terrestre, e le manifestazioni della vita vi si saranno prodotte e sviluppate sotto forme fuori d'ogni imaginazione.

Il supporre che non vi sia colà nulla di stabile, che il pianeta stesso non abbia scheletro, che la sua superficie sia liquida, che gli esseri viventi siano gelatinosi, che, in una parola, tutto vi sia instabile, sarebbe un oltrepassare i limiti dell' induzione scientifica.

È quello, del resto, un meraviglioso soggiorno per abitarvi, e noi non dobbiamo temere che la natura non abbia saputo trarre il miglior partito possibile da tutte quelle condizioni, a quel modo che ha fatto qui nelle mediocri condizioni terrestri. Maraviglioso soggiorno in verità! Quale non sarebbe la nostra ammirazione, la nostra meraviglia, il nostro stupore forse, se ci fosse concesso di essere trasportati vivi fin là, e in mezzo a tanti spettacoli extra terrestri, di contemplare lo strano aspetto degli anelli che si protendono nel cielo come un ponte sospeso nelle altezze del firmamento! Supponiamo di abitare sullo stesso equatore di Saturno; quegli anelli ci appajono come una linea sottile tracciata sulle nostre teste attraverso il cielo e passante precisamente allo zenith, che elevandosi dall'est aumenta man mano di larghezza, poi discende verso l'ovest diminuendo a seconda della prospettiva. Là soltanto noi abbiamo gli anelli precisamente allo zenith. Il viaggiatore che si

trasporta all'equatore verso l'uno o l'altro polo, esce dal piano degli anelli, e questi si abbassano insensibilmente, mentre le loro due estremità cessano di sembrare diametralmente opposte per avvicinarsi a poco a poco. Quale effetto prodigioso non deve produrre questo arco gigantesco che si slancia dall'orizzonte e va a projettarsi nei cieli! Il celeste arco trionfale diminuisce di altezza man mano che ci accostiamo al polo. Quando giungiamo al 63° grado di latitudine, il vertice dell'arco è disceso al livello del nostro orizzonte, e il meraviglioso sistema scompare dal cielo, di guisa che gli abitanti di quelle regioni non lo conoscono e si trovano in una posizione meno vantaggiosa per studiare il loro proprio mondo, di quel che lo sia la nostra, che si trova a più di trecento milioni di leghe di distanza!

Durante una metà dell'anno saturnio, gli anelli danno un portentoso chiaro di luna ad un emisfero del pianeta, e durante l'altra metà rischiarano l'altro emisfero; ma vi ha sempre un mezzo anno senza « luce di anello, » poichè il sole non ne illumina che una faccia alla volta. Malgrado il loro volume e il loro numero, i satelliti non danno tanta luce notturna quanta si potrebbe supporre, giacchè non ricevono, a superficie eguale, che la 90ª parte della luce solare che riceve la nostra Luna. Tutti i satelliti saturni che possono trovarsi contemporaneamente sopra l'orizzonte e nella maggior prossimità possibile alla fase di pienezza, non mandano più della centesima parte della nostra luce lunare. Ma il risultato deve essere presso a poco per lo stesso, dacchè il nervo ottico degli abitatori di Saturno deve essere 90 volte più sensibile del nostro.

Ma non sta ancora qui tutta la stranezza di una tale situazione. Gli anelli sono tanto larghi, che la loro ombra si estende sulla maggior parte delle latitudini medie. Durante quindici anni il sole trovasi al sud degli anelli e durante quindici anni trovasi al nord. I paesi del mondo di Saturno che hanno la latitudine di Parigi vi si trovano immersi per più di cinque anni. Per l'equatore, questa eclisse è meno lunga e non si ripete che ogni quindici anni; ma colà, hanno luogo ogni notte, per così dire, delle eclissi di luce saturniane cagionate dagli anelli e da esse medesime. Per le regioni circumpolari, l'astro diurno non è mai eclissato dagli anelli; ma i satelliti girano in una spirale descrivendo delle ronde fantastiche, e il sole stesso scompare pel polo durante una notte di quindici anni.

Per quel lontano soggiorno, la Terra è, come per Giove e più ancora, un *piccolo punto* luminoso che non si scosta più di sei gradi dal Sole, vale a dire non più di dodici volte il diametro apparente che il Sole presenta a noi. Essa sarà stata ancora più difficile da scoprire che da Giove, giacchè essa non è per Saturno che un punto impercettibile, ed è dubbio assai che la si sia potuta osservare anche quando passa sul Sole, ciò che accade ogni quindici

anni; — a meno che non si ammetta, cosa del resto possibile, che quegli abitanti godano di facoltà visive affatto trascendentali. Checchè ne sia, *questo pianeta è l'ultimo* dal quale si possa discernere (con occhî umani, s'intende) il nostro piccolo mondicello, e pel rimanente dell'universo, per tutto quanto l'infinito, noi siamo *come se non esistessimo*. È d'altra parte evidente, che quando pure il nostro globulo fosse stato scoperto, colà non si pensa tuttavia a *noi*, giacchè questo globulo omeopatico è certamente dichiarato dagli Accademici di Saturno, come mediocre, arsiccio, deserto ed inabitabile... Eppure noi vi siamo e ci crediamo... quel che ci crediamo! (1).

---

(1) Ci crediamo tanto importanti da aver creduto e credere ancora che il Figlio del Creatore dell' Universo si è incarnato quaggiù, proprio su questo globo omeopatico, per redimere l'umanità terrestre... soltanto la nostra o tutte quelle che popolano le infinite Terre dell' Universo infinito? (Vedi le altre opere di Flammarion). IL TRAD

CAPITOLO VIII.

Il pianeta Urano.

♅

Verso l'anno 1765, v'era alla Cappella di Bath, in Inghilterra, un organista tedesco, nato nel 1738 nel ducato di Annover, ed emigrato in Inghilterra in cerca di lavoro (1).

Instancabilmente operoso qual era, lo studio della musica l'aveva condotto a quello delle matematiche e questo allo studio dell'ottica. Un giorno gli vien fra le mani un telescopio di due piedi di lunghezza; lo dirige verso il cielo; è colpito di meraviglia allo spettacolo di magnificenze di cui non aveva idea. Le stelle fisse si moltiplicavano e presentavano i colori più vivi, i pianeti acquistavano dimensioni considerevoli e forme svariate. La sua imaginazione, la sua fantasia eransi sovente rivolte al cielo, ma erano rimaste impotenti a ideare gli splendori di uno spettacolo così abbagliante. Il musico si sentì rapito d'entusiasmo.

Da quel giorno non ebbe più pace finchè non potè mettere la mano sopra un istrumento capace di rivelargli le sublimi cose del cielo. Non avendo i mezzi di pagare il prezzo che gliene aveva chiesto un ottico di Londra, si pose tosto all'opera per costruirne uno da sè solo. Lanciandosi allora in una moltitudine di ingegnosi tentativi, giunse, durante il 1774, a poter contemplare il cielo con un telescopio newtoniano di cinque piedi di distanza focale, eseguito per intero colle sue proprie mani. Incoraggito da quel primo successo, l'artista tedesco ottenne subito dei telescopî di sette, otto, dieci e persino di venti piedi di distanza focale. Più tardi ne costruì uno veramente gigantesco di 1^m 47 di diametro e di 12 metri di lunghezza, sorpassando da solo tutti gli ottici d'Europa e tutti gli astronomi osservatori.

L'ardente astronomo era occupato, il 13 marzo 1781, a osservare con un

---

(1) La principale ricchezza di suo padre consisteva ne' suoi dieci figli. Erano tutti artisti di musica. Il bisavolo di Herschel si chiamava Abramo, il suo avo Isacco e suo padre Giacobbe; non erano però israeliti, ma ferventissimi protestanti. L'illustre astronomo ebbe per figlio John Herschel (1792-1871), degno successore di suo padre nelle conquiste del cielo. Il suo abiatico, Alessandro, segue pure, benchè un po' più da lontano, queste nobili orme.

telescopio di sette piedi e con un ingrandimento di 227 volte, un piccolo gruppo di stelle situato nella costellazione dei Gemelli allorchè trovò ad una di esse un diametro insolito. Sostituendo degli oculari di un ingrandimento di 460 e persin di 932 volte a quello che il telescopio portava dapprima, vide che il diametro della stella cresceva sempre nella proporzione dell' ingrandimento, mentre ciò non si verificava punto per le stelle vicine che gli servivano di confronto. Quel piccolo astro presentava all' occhio nudo l'aspetto di una stella di sesta grandezza, vale a dire che era appena visibile. Le amplificazioni della piccola stella avevano tuttavia un limite, perchè al di là di un certo ingrandimento il suo disco si oscurava e diventava indeciso nel contorno, ciò che non accadeva per le altre stelle: queste conservavano il loro splendore e la loro nitidezza.

Questo nuovo astro cambiava di posto framezzo alle stelle. Si è avvertito con ragione che, s'egli avesse puntato il suo telescopio sulla costellazione dei Gemelli undici giorni prima, vale a dire il 2 marzo, invece del 13, il moto proprio del piccolo astro gli sarebbe sfuggito, poichè allora esso si trovava in uno dei suoi punti di stazione.

Che cosa poteva essere questo nuovo astro? Pareva cosa ben straordinaria, allora, che esistesse ancora in cielo un pianeta sconosciuto. Si era persuasi che fossero tutti scoperti e che il loro numero fosse irrevocabilmente fissato nella cifra sei, poichè dopo i tempi storici, e sopratutto dopo l' invenzione del telescopio, non se n'erano trovati altri (1). L'autore della scoperta non fu abbastanza ardito, direi quasi temerario, da pensare che la sua piccola stella fosse proprio un pianeta, e benchè non avesse nè coda nè chioma apparenti non esitò a qualificarla come una *cometa*. E infatti la designò come tale alla Società reale di Londra, in una Memoria del 26 aprile 1781: *Account of a comet.*

Il nome dell'organista astronomo si sparse per l' Europa colla notizia di questa scoperta. I giornali e le raccolte scientifiche di quell'epoca ripeterono a gara quel nome, ma scrivendolo quasi tutti in diversa guisa; i Tedeschi nel 1781, l'ortografavano *Herthel, Hersthl, Hermstel*, ecc.; gli astronomi francesi lo chiamavano *Horochelle,* nella *Connaissance des Temps* del 1784. L'uomo illustre, che si presentava per la prima volta in un modo così splendido, si firmava *William Herschel.*

Da quel giorno la riputazione di Herschel, non in qualità di maestro o di artista, ma di costruttore di telescopî e di astronomo menò rumore nel mondo. Re Giorgio III, il quale amava le scienze e le proteggeva, si fece presen-

---

(1) Urano era già stato veduto 19 volte come stella. Avrebbe potuto essere scoperto qual pianeta fino dal 1690, se gli strumenti impiegati gli avessero dato un disco sensibile, oppure se fosse stato tenuto d'occhio per parecchi giorni di seguito; e fin dal 1730, se Lemonnier avesse trascritte le sue osservazioni sullo stesso foglio, il moto proprio dell'astro si sarebbe palesato da sè stesso

tare l'astronomo; soddisfatto e convinto alla modesta e semplice esposizione dei suoi sforzi e dei suoi lavori, gli assegnò una pensione vitalizia di 7900 franchi e un alloggio a Slough, nelle vicinanze del castello di Windsor. La sua sorella Carolina gli si associò come segretariessa (si perdoni l' *italianismo* del traduttore), trascrisse tutte le sue osservazioni e fece tutti i calcoli. Il re le conferì il titolo e gli emolumenti di astronomo aggiunto. In breve l'Osservatorio di Slough superò in celebrità i principali Osservatorî d' Europa; si può dire che quello è il luogo del mondo in cui è stato fatto il maggior numero di scoperte.

La maggior parte degli astronomi si diedero tosto a osservare il nuovo astro. Pretendevano essi che quella « cometa » percorresse, come ordinariamente accade, una curva allungata, e che il vertice di quest'orbita si trovasse vicino al Sole. Ma tutti i calcoli fatti in questo senso dovevano essere di continuo rifatti; non si giungeva mai a rappresentare l' insieme delle sue posizioni, quantunque l'astro camminasse con molta lentezza; le osservazioni di un mese davano il crollo dell'edifizio del mese precedente.

Passarono parecchî mesi senza che nessuno sospettasse che trattavasi di un vero pianeta, e non fu se non dopo essersi riconosciuto che tutte le orbite imaginate per la pretesa cometa si trovavano tosto contraddette dalle osservazioni, e che v'era probabilmente un'orbita circolare molto più lontana dal Sole di quella di Saturno, stata fin allora la frontiera del sistema, che si giunse a considerarla come pianeta. E pur non fu sulle prime che un acconsentimento provvisorio.

Era, infatti, più difficile che non si pensi, l' ingrandire a quel modo senza scrupolo la famiglia del Sole. Molte e molte ragioni di convenienza vi si opponevano. Le idee antiche sono tiranniche. Si era abituati da tanto tempo a considerare il vecchio Saturno come il guardiano delle frontiere solari, che era necessario un grande sforzo per decidersi ad allargare quei confini e a farli custodire da un nuovo mondo (1).

William Herschel propose il nome di *Georgium sidus*, l'astro di Giorgio, a quel modo che Galileo aveva chiamati astri Medicei i satelliti di Giove da lui scoperti; e come Orazio aveva detto *Julium sidus*. Altri proposero il nome di *Nettuno* a fine di conservare il carattere mitologico e dare al nuovo astro il tridente della potenza marittima inglese. Altri ancora avevano proposto ii

---

(1) Accadde per questa come per la scoperta dei piccoli pianeti situati fra Marte e Giove. Allorchè due secoli prima di questa scoperta, Keplero aveva, per l'armonia del mondo, supposta l'esistenza di un grosso pianeta in quell' intervallo, gli erano state opposte le considerazioni più frivole, le più scevre di senso comune. Si erano, per esempio, emessi dei raziocinî come questo: « Non vi sono che sette aperture nella testa, i due occhi, le due orecchie, le due narici e la bocca; dunque non vi sono che sette pianeti, ecc. » Considerazioni di questo o d'altro genere non meno imaginarie arrestarono spesso i progressi dell'astronomia.

nome di *Urano*, il più antico di tutti e il padre di Saturno, a cui dovevasi una riparazione per tanti secoli di dimenticanza; mentre Lalande suggeriva il nome stesso di Herschel per immortalare l'autore della scoperta. Queste due ultime denominazioni prevalsero. Per molto tempo il pianeta portò il nome di Herschel, ma l'uso si dichiarò poi per l'appellativo mitologico, e Giove, Saturno, Urano si succedettero per ordine di generazione; il figlio, il padre, il nonno.

La scoperta d' Urano ha allungato di 1472 milioni di chilometri il raggio del sistema solare.

Lo splendore apparente di questo pianeta non essendo che quello di una stella di sesta grandezza, è appena visibile ad occhio nudo; per rintracciarlo così, bisogna essere dotati di una vista eccellente, e sapere in che punto del cielo si trova.

A ciò potrà servire la piccola carta della pagina 391, sapendosi che nel 1879 Urano trovavasi nella costellazione del Leone, a sinistra, cioè all'est di Regolo, e che avviandosi dall'ovest verso l'est deve impiegare 84 anni a fare l' intero giro del cielo. In causa del suo moto annuo intorno al Sole, la Terra passa tra il Sole ed Urano ogni 369 giorni, vale a dire ad intervalli di un anno e quattro giorni, salvo talora la differenza di un giorno in più: ecco le date attuali della opposizione.

1879	20 febbrajo	1882	5 marzo
1880	25 febbrajo	1883	9 marzo
1881	1 marzo	1884	13 marzo

Il 5 giugno 1872, Giove ed Urano si erano incontrati in prospettiva nei campi celesti ad una distanza di appena una volta e mezzo il diametro di Giove. Io aveva annunciato quel singolare incontro alcuni anni avanti, ed era doppiamente impegnato a verificarlo io stesso. Il disegno (fig. 256) riproduce l'osservazione che ne ho fatto. Il diametro di Giove era di 33″ 4, quello di Urano di 3″, 8, la distanza minima dei centri doveva verificarsi a $6^h\ 29^m\ 53^s$, ad 1′ 9″, 8; e dal lembo del disco di Giove a quello di Urano, non dovevano esservi che 51″, 2. Quale avvicinamento! Il primo satellite di Giove gira alla distanza di 6 volte il raggio del pianeta. A 5 ore e mezzo, la luce del giorno impediva l'osservazione, tanto più che il fenomeno accadeva a ponente. A 9 ore, Giove si presentava ammirabilmente nel campo del cannocchiale, accompagnato da cinque satelliti, uno dei quali era Urano, che sembrava della stessa grossezza del più grande (III°) e alquanto più brillante. Questa osservazione mi ha permesso di accertarmi che lo splendore di Urano supera alcun poco quello del più splendido dei satelliti di Giove (il III°), e che la sua grandezza deve esser notata = 5, 7.

L'orbita di Urano intorno al Sole è tracciata alla distanza media di 710 milioni di leghe (2840 chilometri) dall'astro centrale, a circa 19 volte (19,18)

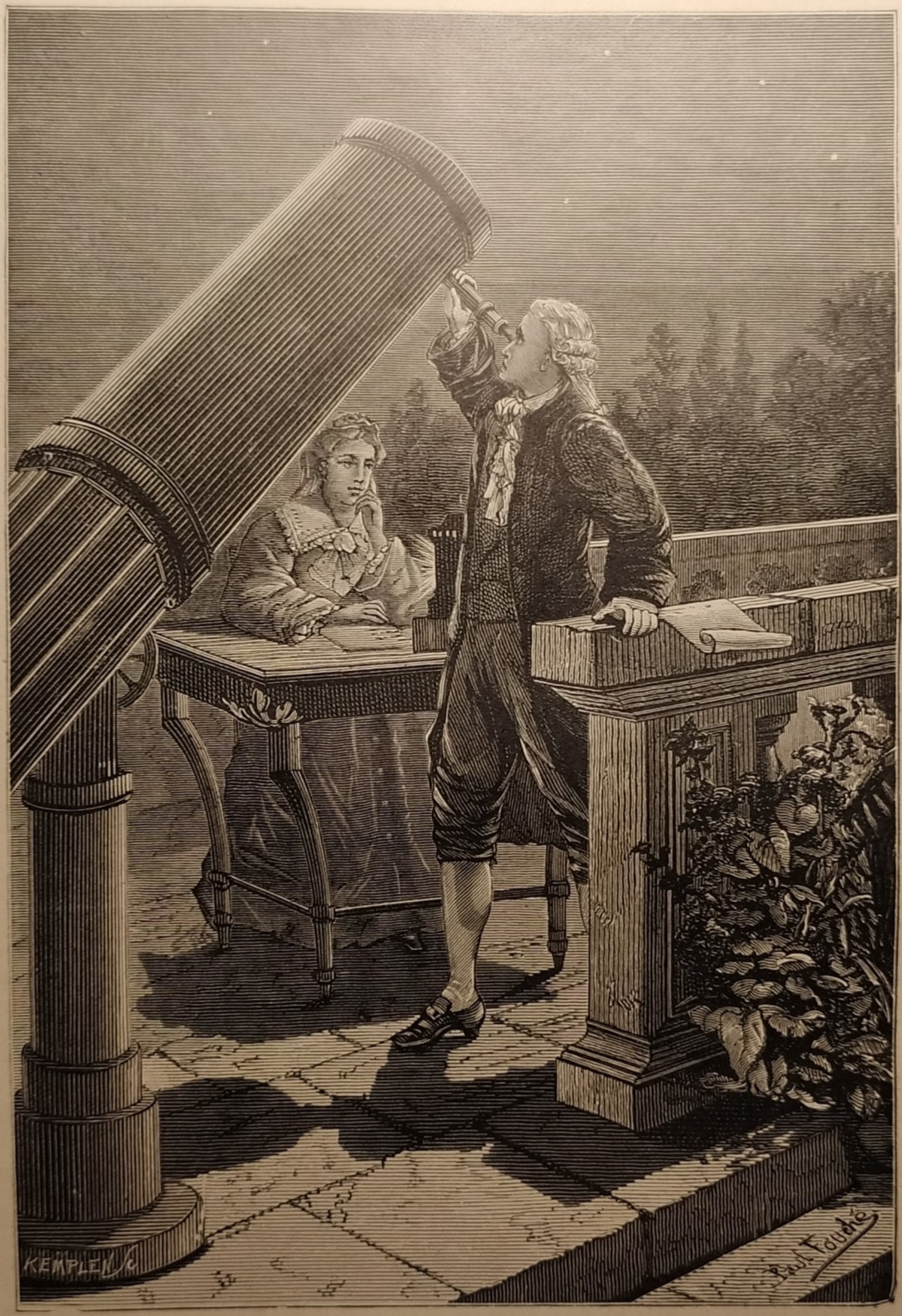


Fig. 255. — William Herschel scopre il pianeta Urano.

quella a cui gravita la Terra. Quest'orbita ellittica ha per eccentricità il rapporto 0,0463, di guisa che la sua distanza varia come segue:

	Geometrica	in Chilometri
Distanza perielia. . . .	18,295	2700 milioni
» media	19,183	2840 »
» afelia	22,071	2968 »

Pertanto questo pianeta trovasi nel suo perielio più vicino al Sole di 268 milioni di chilometri che all'afelio. La sua distanza minima dalla Terra all'epoca delle sue opposizioni varia nello stesso rapporto, da 2552 a 2820 milioni di chilometri. Il perielio di Urano ha luogo a 171° dall'equinozio; il pianeta vi passerà nel 1883; esso vi passò nel 1799 e non vi ritornerà che nel 1967. La sua orbita giace quasi esattamente nel piano dell'eclittica. La durata della rivoluzione, calcolata recentemente sull'insieme di tutte le osservazioni fatte dopo la sua scoperta, è di 30 688 giorni, od anni 84,022 equivalenti a 84 anni e 8 giorni; essa è due giorni più lunga di quello che si credeva sono ancor pochi anni. Il pianeta di Herschel è tornato il 21 marzo 1865 al punto del cielo in cui fu scoperto il 13 marzo 1781.

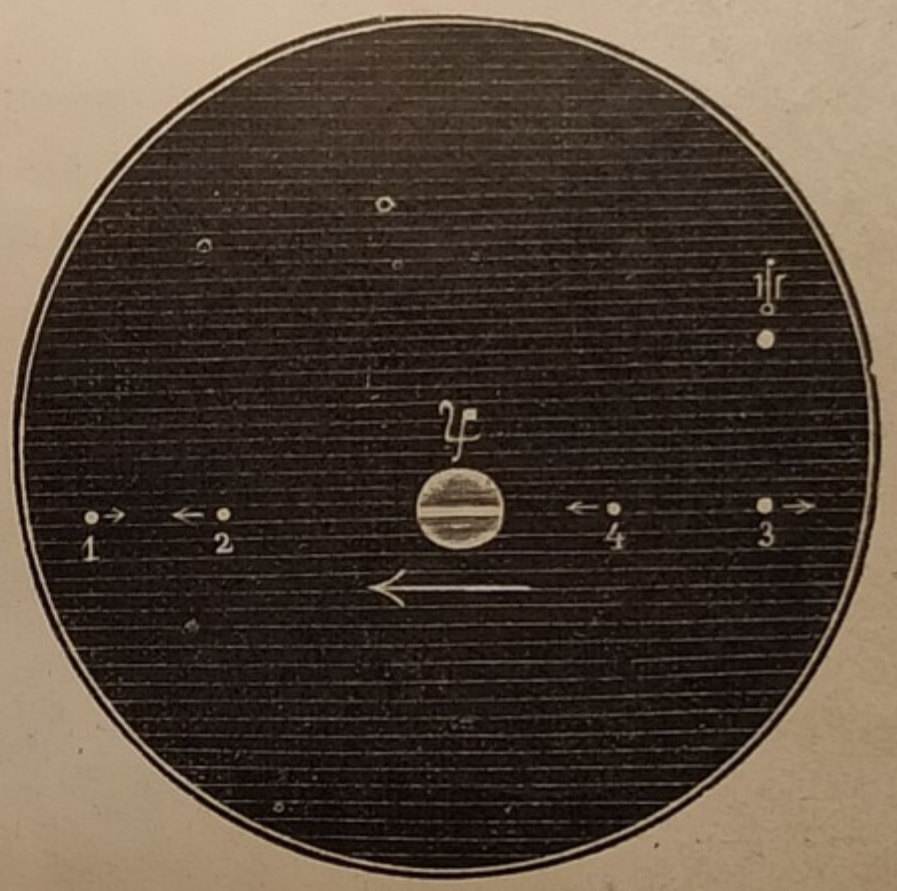


Fig. 256.
Urano ed i satelliti di Giove il 5 giugno 1872.

Il calendario di quel mondo lontano deve, secondo ogni probabilità, contare sessantamila giorni all'anno, a giudicarne dalla velocità di rotazione dei grossi e leggieri pianeti esterni pei quali questo movimento ha potuto essere osservato. L'esiguità del disco di Urano non ha permesso ancora di scoprirvi delle macchie favorevoli a questa osservazione; ciò nondimeno si ha un indizio della velocità probabile della rotazione di questo globo, in quella dei suoi satelliti; essa sarebbe di 11 ore circa.

Il diametro di Urano sottende 4″. Combinando questa misura colla distanza, si trova corrispondere ad una lunghezza di 53 600 chilometri, quadrupla quindi di quella del diametro di questo globo.(*) Ne consegue che il volume di questo pianeta è di 74 volte quello della Terra. È il meno voluminoso dei quattro pianeti esterni; ma è ancora di gran lunga più grosso, esso solo, dei quattro pianeti interni (Mercurio, Venere, la Terra e Marte) riuniti insieme. Si è potuto determinare la sua massa, in base ai principî più sopra esposti, alla velocità di rivoluzione de' suoi satelliti, e alla sua influenza sopra Nettuno, e si è trovato che pesa quindici volte più del nostro pianeta.

(*) S'intende di quella della Terra

Ne consegue che la materia che lo compone è molto più leggiera di quella del nostro mondo: la sua densità non è che un quinto della terrestre.

L'atmosfera di Urano fu accertata dall'analisi spettrale. Essa differisce dalla nostra per le sue facoltà assorbenti, rassomiglia di più a quelle di Saturno e Giove che a quella che noi respiriamo, e contiene dei gas *che non esistono sul nostro pianeta*. Questo mondo lontano viaggia nel cielo accompagnato da un sistema di quattro satelliti, di cui diamo qui appresso gli elementi:

	DISTANZA			DURATA DELLE RIVOLUZIONI
I. Ariele in raggi di Urano	7,44	pari a chilometri	196 000	2g 12h 20m 21s
II. Umbriele » »	10,37	»	276 000	4 3 28 7
III Titania » »	17,01	»	450 000	8 16 56 26
IV. Oberone » »	22,75	»	600 000	13 11 6 55

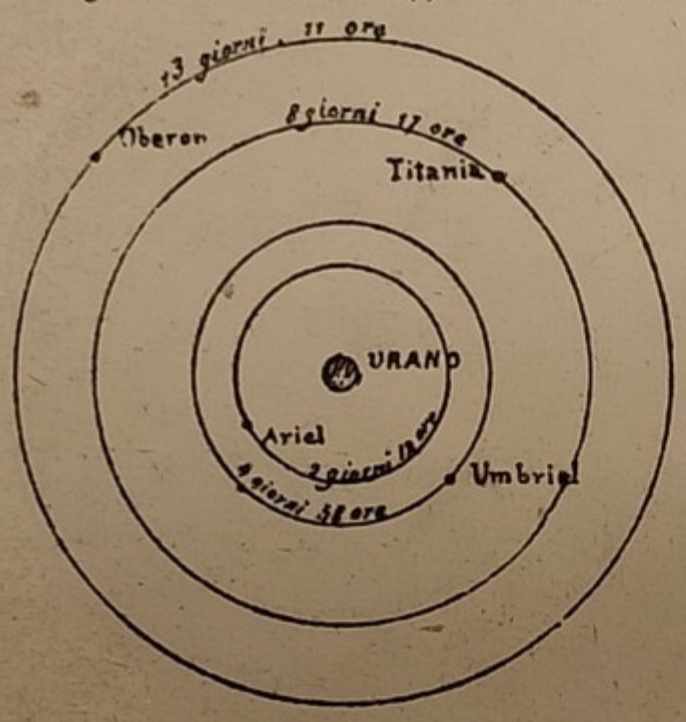


Fig. 257. — Il sistema di Urano.

Questo fa che gli Uranici hanno quattro specie di mesi, di due, di quattro, di otto e di tredici giorni, senza pregiudizio degli altri satelliti di cui possiamo non avere ancora notizia.

V'ha qui una particolarità maravigliosa: i satelliti di Urano non girano come gli altri. Se noi consideriamo la Terra, Giove, Saturno o Nettuno vediamo che le loro lune girano da ovest verso est nei piani degli equatori di questi pianeti, o giù di lì, e questo piano non fa un angolo considerevole con quello delle loro orbite intorno al Sole. I satelliti di Urano girano per contro da est verso ovest, ed in un piano quasi perpendicolare a quello in cui si muove il pianeta. Noi possiamo concluderne che l'asse di rotazione di Urano è quasi adagiato nel piano della sua orbita, e che il Sole gira in apparenza nel cielo uraniano da occidente in oriente, invece di girare da oriente verso occidente. Si potrebbe quasi dire che quello è un mondo rovesciato. Ma v'ha di più. L'equatore di questo globo singolare essendo inclinato di 76°, il Sole uranico si allontana durante il corso del suo lungo anno, fino a questa stessa latitudine; gli è come se il nostro Sole lasciasse il cielo dell'Africa centrale e dei tropici per andarsene a splendere sulla Siberia, ovvero, come se a Parigi si vedesse nell'estate l'astro del giorno girare intorno al polo, senza tramontare neppure a mezzanotte, durante una state di 21 anni, e rimanersene invisibile nel verno ancora per 21 anni... Le stagioni sono colà senza paragone più strane ancora di quelle che abbiam trovate sotto Venere.

Veduto da Urano, l'universo stellato è il medesimo del nostro, ma lo stesso non può dirsi del sistema solare. Mercurio e Venere vi sono assolutamente sconosciuti, e altrettanto possiamo dire della Terra nostra, malgrado il profondo sconforto che una tal notizia può farci provare. Infatti, il nostro minuscolo

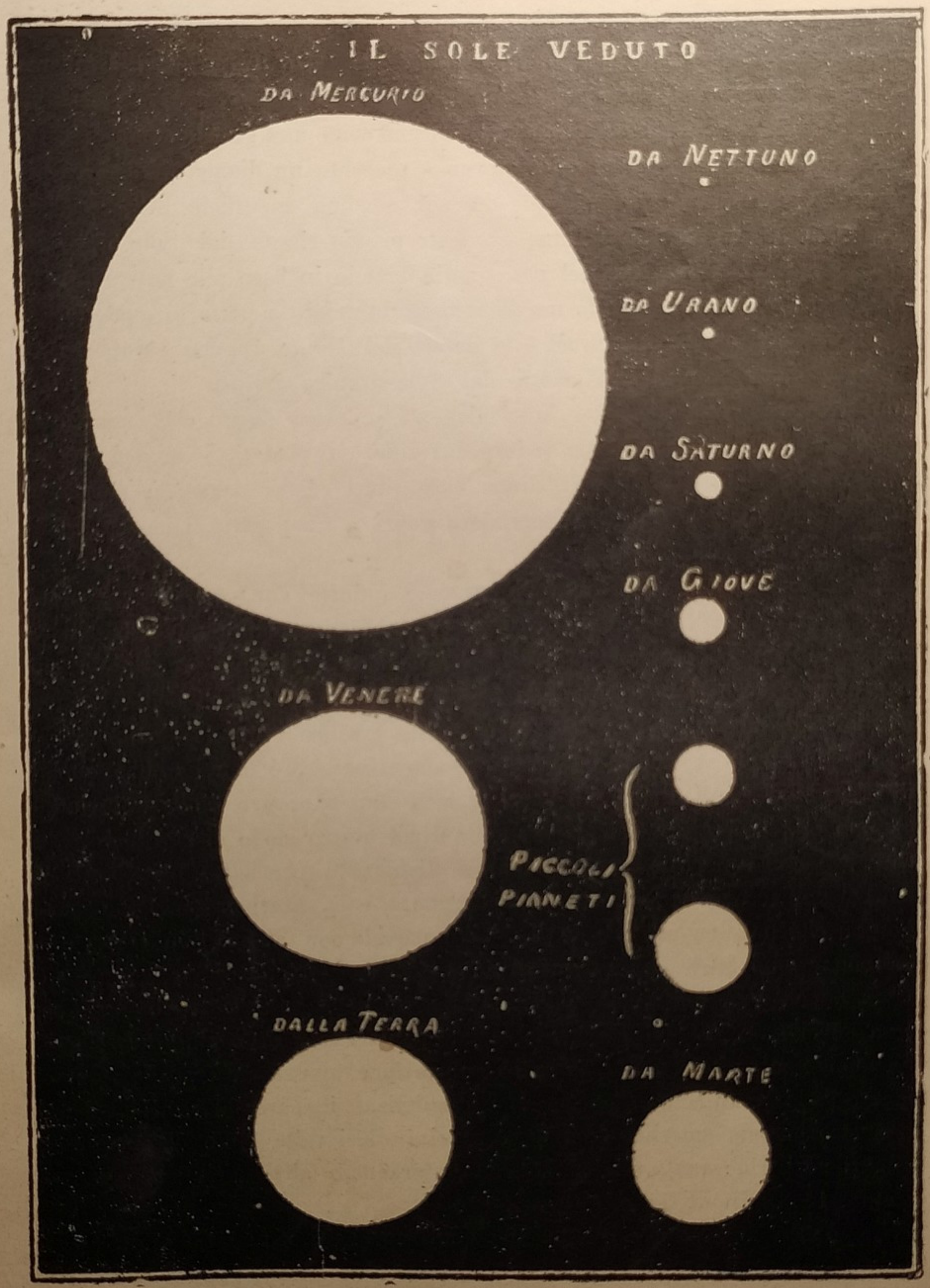


Fig. 258. — Grandezze comparate del Sole veduto dai differenti pianeti.

pianeta, oltre all'essere affatto invisibile per la sua piccolezza, va per giunta anche perduto nell' irraggiamento solare dal cui centro non si allontana più di

tre gradi. Pertanto, per gli abitanti di quel mondo noi non esistiamo, la Terra stessa tutta intera *non esiste punto,* e così è per tutto il resto dell'Universo. Marte e Giove stesso sono per Urano invisibili; Saturno vi appare come una piccola stella del mattino e della sera; Nettuno come una piccola stella di notte.

A quella distanza « l'astro del giorno » presenta un diametro 19 volte minore di quello sotto cui lo si vede da noi, ed una superficie 368 volte (19, 18, × 19, 18) meno estesa. Dunque questo mondo riceve dal Sole 368 volte meno di luce e di calore del nostro; giudicando in base alle nostre impressioni terrestri, sarebbe quello un deserto agghiacciato a petto al quale le solitudini polari o i circhi nevosi e le bufere del Monte Bianco sarebbero un Senegal od un Sahara. Il diametro del Sole uranico misura 1′ 40″, ma la sua luce rischiara come 1584 lune piene. La nostra figura 258 mostra la grandezza comparata del Sole veduto dai differenti pianeti. Si vede che giungendo nelle lontane regioni di Urano e Nettuno, l'astro diurno è ridotto a dimensioni tali che non ci inviterebbero guari a trasportare i nostri lari in quelle latitudini ultra boreali.

Ma dobbiamo noi giudicare dell'universo infinito dall'aspetto particolare della nostra piccola isola galleggiante? Noi abbiamo generalmente la cattiva abitudine di considerare come radicalmente inabitabili delle regioni in cui non potrebbero abitare esseri della nostra specie; è avere una ben meschina opinione della potenza della natura, la quale avrebbe avuto la facoltà di costruire dei globi enormi a distanze incommensurabili, e non avrebbe quella di organizzar su di essi degli esseri ai medesimi appropriati. Se noi giudichiamo la temperatura dei pianeti lontani col nostro modo di considerare le cose, noi non esiteremo un momento a dichiararli per sempre inabitati a motivo dell'eccessivo freddo che deve regnare colà. Noi non possiamo imaginarci che possano esistere degli uomini i quali non abbiano la stessa costituzione ed i medesimi bisogni di noi.

La popolazione dei mondi dipende da tante cause differenti che sarebbe cosa puerile il chiedersi solamente se un mondo immenso è più popolato di un mondo minuscolo. Sulla Terra la popolazione umana aumenta costantemente sulla totalità del globo, benchè diminuisca in parecchî punti di esso; il nostro pianeta potrebbe facilmente nutrire dieci volte tanto di uomini di quanti ne porta; quattordici miliardi vi vivrebbero altrettanto agevolmente quanto 1400 milioni (1).

Le condizioni della vita su questi pianeti non pajono tuttavia più diverse

---

(1) La proporzione d'accrescimento di ciascuna famiglia subisce delle fluttuazioni considerevoli. Un gran numero di famiglie si spengono assolutamente. Altre si sviluppano come il fogliame di una quercia. Gli esempi più curiosi di fecondità umana di cui facciano menzione gli annali dell'antropologia, è quello riferito da Derham, di una donna inglese che morì all'età di 93 anni avendo 1258 discendenti tra figli, abiatici e figli di abiatici.

da quelle terrestri e di quello che lo sia la condizione dell'animale terrestre da quella del pesce. « Gli abitanti di Saturno — diceva già a' suoi tempi Huyghes — non hanno ragione di lagnarsi più dei barbagianni e delle nottole della poca luce che ricevono dal Sole, dacchè per essi è cosa più vantaggiosa e gradevole il godere della luce crepuscolare o di quella poca che rimane durante la notte, anzichè di quella smagliante che ci illumina durante il giorno. »

Fontenelle, sempre tanto ingegnoso nel determinare le condizioni dell'esistenza nei mondi planetarî, espone delle considerazioni riguardo a Saturno, che noi potremmo applicare ad Urano: « Noi saremmo ben stupiti — dice egli — se ci trovassimo nel mondo di Saturno, di vedere sulle nostre teste, durante la notte, quel grande anello che correrebbe in semicerchio da un capo all'altro dell'orizzonte, e che, rimandandoci la luce solare, farebbe l'effetto di una luce perpetua!... Tuttavia quegli abitanti sono pur da compiangere anche coll'ajuto dell'anello. Esso dà loro della luce, ma che luce, alla distanza a cui si trova dal Sole! Il Sole stesso ch'essi vedono cento volte più piccolo di quello che il vediam noi, non è per essi che una piccola stella bianca e pallida, dotata di uno splendore e di un poter calorifico ben deboli; e se voi li trasportaste nei nostri paesi più freddi, nel Groenland e nella Lapponia, li vedreste sudare a goccioloni e morire dal caldo. Se avessero dell'acqua, per essi non sarebbe acqua, ma una pietra levigata, un marmo; e lo spirito di vino, che da noi non gela mai, sarebbe duro come i nostri diamanti. »

Fontenelle, dopo aver giudicato pazzi, a furia di vivacità, gli uomini di Mercurio, in ragione della loro vicinanza al Sole, tratta da flemmatici quelli di Saturno per la ragione contraria. « Sono gente — dice egli — che non sa che cosa sia il ridere, che prendono sempre un giorno di tempo per rispondere alla minima domanda che si faccia loro, e che avrebbero trovato Catone Uticense troppo lepido e troppo gioviale. »

Senza fare alcun preventivo giudizio sul carattere degli Uranici, lo studio della natura e della varietà delle sue manifestazioni ci convince assolutamente che la distanza dal Sole non può essere un ostacolo assoluto alla manifestazione della vita. I nuovi mondi scoperti dal telescopio nelle profondità infinite del cielo, coincidettero colle scoperte sempre più grandi del microscopio in un universo invisibile pei nostri occhî, benchè presente intorno a noi. L'aria che noi respiriamo è piena di germi, e i nostri polmoni assorbono incessantemente una quantità prodigiosa di esseri e di detriti vegetali e animali. Apriamo la bocca, respiriamo; che dico? anzi respiriamo appena, giacchè, nonostante tutte le possibili precauzioni per non respirare che l'aria più pura, noi inghiottiamo continuamente e a nostra insaputa innumerevoli corpuscoli che trovansi in sospensione nell'aria, spore di crittogame, grani di polline, fermenti, vibrioni, bacterî, uova, cellule organizzate, microbî svaria-

tissimi, corpi viventi e cadaveri sfasciati, dei quali se ne contarono fino a 24 000 per metro cubo, e di cui può dare un'idea la figura 259, dovuta alle analisi del signor Miquel: questi esseri microscopici sono qui ingranditi 500 volte in diametro: parecchie delle loro forme sono abbastanza singolari; chi sa! forse sono essi alla lor volta il ricettacolo di esseri infinitamente piccoli rispetto ad essi stessi. Ove si arresta la vita? E siffatti esseri non sono punto insignificanti; son essi che ci governano per via del nostro governo stesso; la maggior parte delle malattie che desolano l'uman genere ripetono la loro

Fig. 259. — Quello che noi respiriamo; animali e vegetali microscopici che nuotano nell'aria.

origine da queste minuscole cause; un'epidemia fisica, come la peste o il cholera, la quale sdraja nel sepolcro centomila uomini, non sembra aver altra causa; un'epidemia morale che, come la guerra del 1870, immerge nel lutto duecentomila famiglie, costa dieci miliardi di lire e rovescia l'equilibrio di tutti gli interessi, non ha spesso altra cagione che una notte d'insonnia, alcune ore di febbre di un regnante o di una sovrana, cagionate da quei piccolè invisibili battaglioni. La vita divora la vita e divora anche la morte; essa dappertutto, si diffonde ovunque, appare in ogni luogo, si stabilisce da per tutto. Prendete una goccia d'acqua salmastra, di cui l'aspetto e il gusto vi

ripugnano, e lasciatela cadere nel foco di un microscopio solare, tosto lo schermo sul quale voi projettate l'imagine di una porzione piccolissima di quella goccia vi appare invaso da una popolazione formicolante che con salti e corse moltiplicati, trasforma il campo della vostra visione stupefatta in un mondo immenso e pieno di vita...

In una goccia d'aceto veggonsi vibrare infinite anguillule; una briciola di

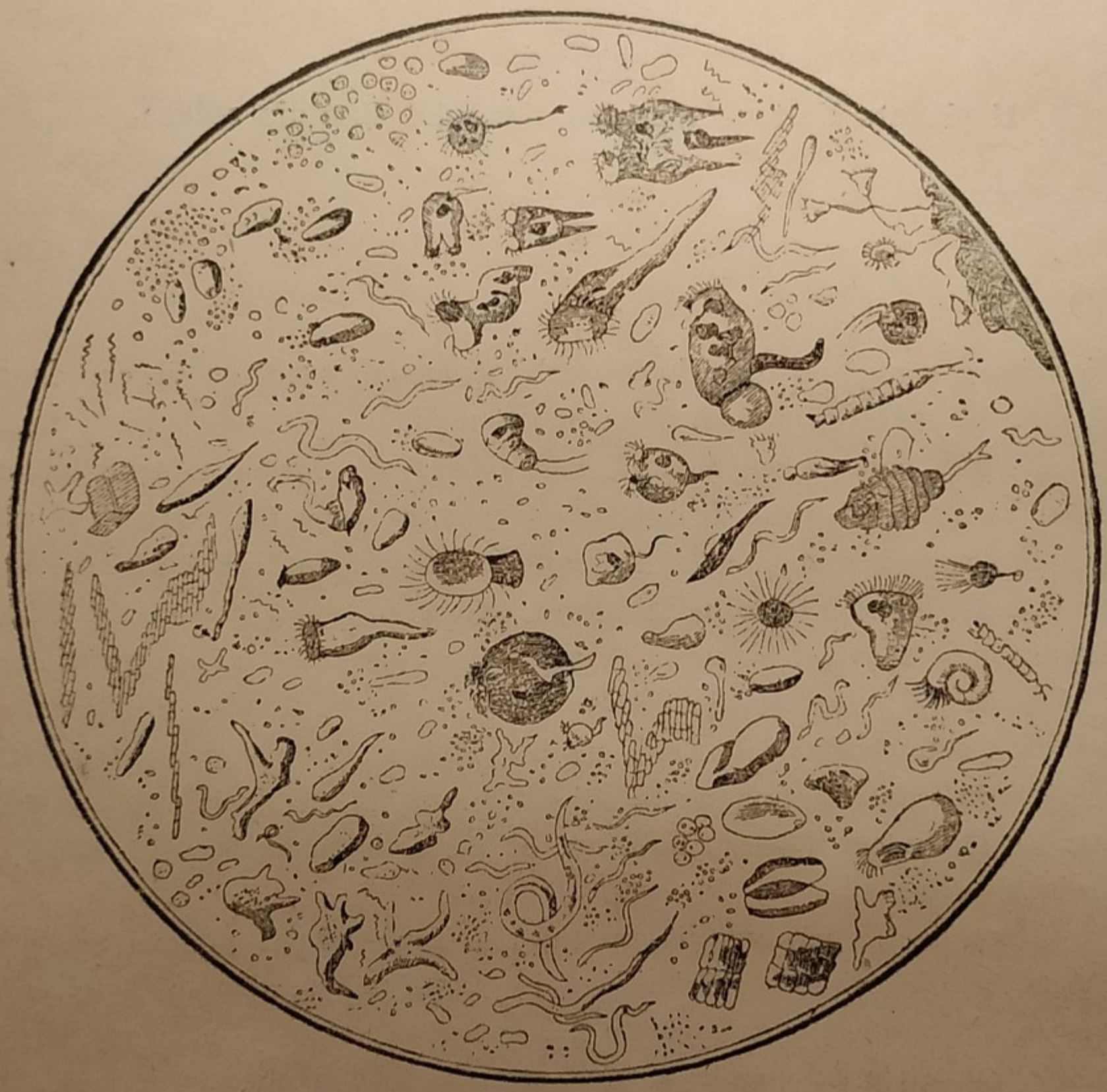


Fig. 260. — Popolazione di una goccia d'acqua.

cacio è un pianeta coperto di abitanti più grossi di quello che lo sia essa stessa veduta ad occhio nudo... Ma fermiamoci qui; tutte le verità non sono aggradevoli, e non v'ha uno solo dei nostri lettori che, conoscendo da vicino o da lontano le rivelazioni del microscopio, non le abbia applicate già a complemento di quelle del telescopio, e non sia convinto che la diversità che distingue Urano e Nettuno da Venere e dalla Terra non impedisce alla potenza della natura di esservisi manifestata con profusione.

CAPITOLO IX.

Il pianeta Nettuno a le frontiere del dominio solare.

Si è detto con ragione che i lavori dell'astronomia sono quelli che danno la più alta misura delle facoltà della mente umana. La scoperta di Nettuno, dovuta alla sola potenza dei numeri, è una delle più eloquenti testimonianze di questa verità. L'esistenza di codesto pianeta nel cielo fu rivelata dal calcolo. Questo mondo, lontano più di 4 miliardi di chilometri dalla nostra stazione terrestre, è assolutamente invisibile ad occhio nudo. Le perturbazioni manifestate dal moto del pianeta Urano hanno permesso al matematico di dire: la causa delle perturbazioni è un pianeta incognito che gravita al di là di Urano, a tale e tal distanza a un bel circa, e che per produrre l'effetto osservato deve trovarsi attualmente nel tal punto del cielo stellato. Si dirige un cannocchiale verso il punto indicato, si cerca l'incognito, e in meno di un'ora lo vi si trova!

Se i pianeti nostri non obbedissero che all'azione del Sole, descriverebbero intorno ad esso le orbite ellittiche da noi esaminate nel capitolo I del *Sole*. Ma essi si disturbano reciprocamente nei loro moti, mentre agiscono anche sull'astro centrale, e da queste diverse attrazioni ed influenze derivano le perturbazioni.

Gli astronomi costruiscono a priori le tavole delle posizioni dei pianeti nel cielo, allo scopo di sapere dove si troveranno e di osservarli a norma dell'interesse offerto dalle loro situazioni, sia dal punto di vista della loro costituzione fisica, sia per verificare i loro movimenti, sia per le numerose applicazioni dell'astronomia alla geografia ed alla nautica. Un astronomo di Parigi, Bouvard, calcolando nel 1820 le tavole di Giove, Saturno ed Urano, verificò che le posizioni teoriche date dalle sue tavole concordavano perfettamente colle osservazioni moderne pei due primi pianeti, laddove per Urano riscontravansi delle differenze inesplicabili. Dal 1820 fino al 1845, quelle differenze diedero da pensare a tutti gli astronomi, parecchî fra i quali (Bouvard

stesso, Mädler, Bessel, Valz, Arago) emisero l'opinione che quelle perturbazioni dovevano attribuirsi ad un pianeta sconosciuto, e Bessel medesimo intraprendeva la ricerca matematica allorchè venne colpito dalla matattia che doveva condurlo al sepolcro. Tuttavia la differenza fra le posizioni calcolate di Urano e le posizioni osservate andava sempre crescendo: essa era di 20′ nel 1830, di 90″ nel 1840, di 120″ nel 1844, ed al 1846 era di 128″. Per un uomo del mondo profano, per un artista od un artigiano, quello sarebbe stato, negli affari che lo interessano, un divario così debole che gli sarebbe facilmente passato inavvertito: non è un comma in musica, e se vi fossero state due stelle contigue in cielo che si fossero di tanto allontanate l'una dall'altra, soltanto una vista eccezionale avrebbe potuto disgiungerle nettamente. Ma per un astronomo una siffatta divergenza diventava assolutamente intollerabile e un vero motivo d'insonnia.

Sarà agevole rendersi conto dell'azione perturbatrice del pianeta esterno ad Urano sulle posizioni di questo pianeta, esaminando la piccola fig. 261, la quale mostra le posizioni relative dei due astri dalla scoperta di Urano fino a quella di Nettuno. Si vede che dal 1781 al 1822 l'influenza di Nettuno tendeva trarre innanzi Urano, vale a dire ad accelerare il suo moto, mentre dal 1822 al 1846, all'incontro, essa tende a ritardarlo diminuendo la sua longitudine.

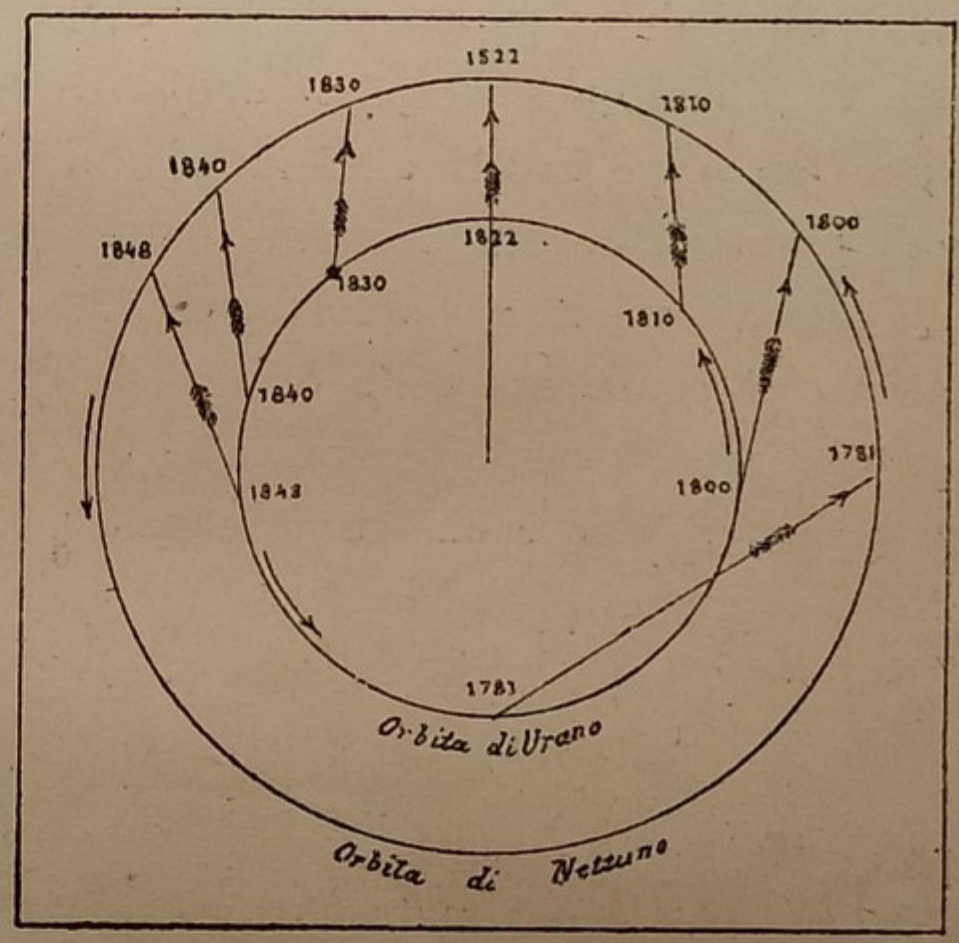


Fig. 261.
Spostamenti di Urano cagionati da Nettuno.

Questo problema era all'ordine del giorno, e Arago, sempre antesignano sulla via del progresso, consigliò ad un giovane ed abile calcolatore, estraneo all' Osservatorio di Parigi, al giovane matematico Le Verrier, di risolvere quel magnifico problema. Il giovane scienziato, già rotto alle difficoltà del calcolo delle perturbazioni a motivo delle sue ricerche sulle comete, si pose immediatamente all'opera. Cominciò dal verificare le tavole di Bouvard, nelle quali corresse parecchî errori; ma questi errori non rendevano ragione della differenza trovata.

Ricominciando tutto il calcolo delle perturbazioni di Saturno sopra Urano, vi aggiunse quelle di Giove, ricalcolò l'orbita di Urano dietro le 19 osservazioni antiche delle posizioni del pianeta, osservato come stella prima del 1781 e le 179 osservazioni fatte dal 1781 al 1845, e verificò che il divario fra le posizioni osservate e quelle calcolate non poteva spiegarsi colle perturbazioni

di Saturno e di Giove. « Ho dimostrato — egli dice — che v' ha formale incompatibilità fra le osservazioni di Urano e l' ipotesi che questo pianeta non sia soggetto che alle azioni del Sole e degli altri pianeti agenti in conformità al principio della gravitazione universale. Non si giungerà mai, in questa ipotesi, a rappresentare i movimenti osservati. » In presenza di questa incompatibilità ben dimostrata, Le Verrier non dubita un solo istante della esattezza della legge della gravitazione universale; ricorda che in diverse occasioni, per spiegare delle ineguaglianze di cui non erasi potuto render ragione, si fece calcolo su questa legge, la quale è sempre riuscita vittoriosa dopo un esame più scrupoloso dei fatti. Egli accampa arditamente l' ipotesi di un pianeta agente in modo continuo sopra Urano, in guisa da modificare in modo lentissimo il suo movimento. Il fatto dell'esistenza di un pianeta esterno essendo ormai certo, suppone, in base alla serie di Titius, esposta più indietro (pag. 262), che questo pianeta debba trovarsi alla distanza 36, e per conseguenza circolare in 217 anni intorno al Sole, e, in questa ipotesi, calcola quali posizioni dovette occupare nel cielo, al di là di Urano, per produrre colla sua attrazione gli svari osservati, e quale deve essere la sua massa per spiegare la grandezza della deviazione. Ricomincia allora il calcolo dell'orbita di Urano, tenendo conto delle perturbazioni così prodotte dal pianeta perturbante, e trova che tutte le posizioni vanno d'accordo colla teoria (le differenze maggiori fra le posizioni osservate e le calcolate non oltrepassano 5″, 4). Dopo ciò il problema era risolto; il 31 agosto 1846 Le Verrier annunziò all'accademia delle Scienze che il pianeta doveva trovarsi alla longitudine 326°, cioè a 5° all'est della stella δ del Capricorno.

Il 18 settembre, scrisse al dottor Galle, dell' Osservatorio di Berlino, ove si stavano costruendo delle carte stellari della zona dell'eclittica, pregandolo di cercare il pianeta. Questo astronomo ricevette la lettera il 23; quella sera il cielo era sereno; puntò il suo cannocchiale verso il sito indicato e scorse una stella che non trovavasi sulla carta e che offriva un disco planetario sensibile: la sua posizione nel cielo era 327° 24′; il calcolo aveva assegnato 326° 32′; la sua longitudine era dunque stata precisata all'approssimazione di un grado!

Ecco la storia della scoperta di Nettuno nella sua semplice grandiosità. Essa ricorda la bella apostrofe del poeta Schiller che rappresentando Cristoforo Colombo navigante alla scoperta di un nuovo emisfero, gli dice: « Prosegui il tuo volo presso l'occidente, ardimentoso navigante; la terra che tu cerchi sorgerebbe dal fondo dell'oceano per riceverti, quand'anche non esistesse ancora; imperocchè la natura è d'accordo col genio. » V'ha qui dentro sotto la forma di una imagine grandiosa e di una orgogliosa esagerazione l'espressione di una delle condizioni più reali del vero genio scientifico, al

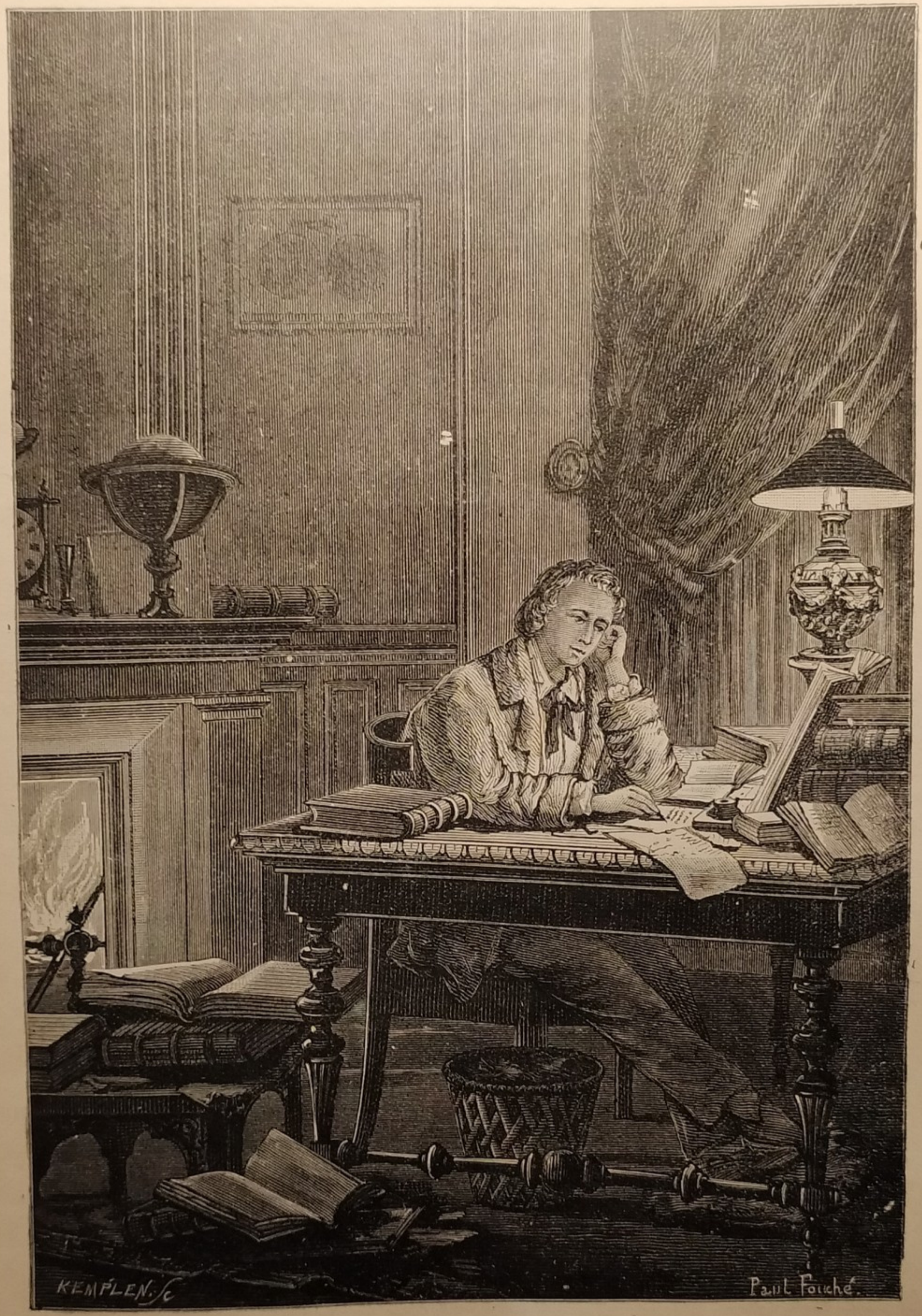


Fig. 262. — Le Verrier scopre il pianeta di Nettuno.

quale le scoperte non giungono per un caso, ma che va loro incontro per una specie di presentimento. Questa scoperta è splendida e di primo ordine dal punto di vista filosofico, giacchè essa attesta e conferma la sicurezza e la precisione dei dati della moderna astronomia. Considerata dal punto di vista dell'astronomia pratica, essa non era che un semplice esercizio di calcolo, e gli astronomi più eminenti non vi scorgevano altro! Non fu se non dopo la sua verifica, la sua dimostrazione pubblica, non fu se non dopo la scoperta visuale di Nettuno, ch'essi aprirono gli occhî e provarono per un istante la vertigine dell'infinito dinanzi l'orizzonte rivelato dalla prospettiva nettuniana. Lo stesso autore del calcolo, il matematico trascendentale, non si diè neppure la pena di prendere un cannocchiale e di guardare in cielo se il pianeta vi era realmente! Io credo che non l'abbia neppur mai veduto... Del resto già, per lui, come sempre, fino alla fine della sua vita, l'astronomia era tutt'intera inclusa nelle formole: gli astri non erano che dei centri di forza. Più di una volta gli ho confessati i dubbî di uno spirito inquieto intorno ai grandi problemi dell'infinito, gli chiedevo se pensava che gli altri pianeti fossero al par del nostro abitati, quali potevano essere specialmente le strane condizioni vitali di un mondo lontano dal Sole come Nettuno, quale doveva essere il corteo degli innumerevoli soli disseminati nell'immensità, quali meravigliose luci colorate dovevano le stelle doppie versare sugli ignoti pianeti che gravitano in quei lontani sistemi; le sue risposte mi hanno sempre provato che per lui siffatte questioni non avevano interesse alcuno, e che la conoscenza essenziale dell'universo consisteva per lui in equazioni, in formole, in serie di logaritmi, aventi per oggetto la teoria matematica delle velocità e delle forze.

Ma ciò che non sorprende meno si è che non abbia avuto neppure la *curiosità* di verificare egli stesso la posizione del suo pianeta, ciò che sarebbe stato facile, anche senza carta, poichè presentava un disco planetario, e che d'altra parte si sarebbe anche potuto fare col sussidio di una carta, bastando chiedere queste carte all'Osservatorio di Berlino, ove erano state da poco tempo finite e *pubblicate*. Non è meno sorprendente il fatto che Arago il quale era più fisico che matematico, più naturalista che calcolatore, e il cui ingegno aveva un così rimarchevole carattere sintetico, non abbia diretto egli stesso verso quel punto del cielo uno dei cannocchiali dell'Osservatorio e che a nessun astronomo francese ne sia venuta l'idea. Ma ciò che ci sorprenderà ancor più, è il sapere che *quasi un anno prima*, nell'ottobre 1845, un giovine studente dell'Università di Cambridge, il signor Adams, aveva cercata la soluzione dello *stesso problema*, aveva ottenuti gli *stessi risultati* ed aveva comunicato questi risultati al direttore dell'Osservatorio di Greenwich, senza che l'astronomo al quale questi risultati erano stati confidati, nulla ne dicesse, e

senza che neppur lui cercasse in cielo la verifica ottica della soluzione del suo compatriota!

Abbiamo detto poco fa che il misterioso pianeta perturbante era stato supposto situato alla distanza 36, come voleva la serie di Titius. Ma in realtà esso è molto più vicino. Gli elementi teorici di Le Verrier non sono dunque punto quelli di Nettuno, come è facile verificare dal quadro seguente:

	ELEMENTI DI LE VERRIER	ELEMENTI REALI
Distanza del Sole	36,154	30,055
Durata della rivoluzione . .	217 anni, 140 giorni	164 anni, 281 giorni
Eccentricità dell'orbita . .	0,10761	0,00896
Longitudine del perielio . .	284° 45'	46° 0'
Massa paragonata alla solare	$\frac{1}{9800}$	$\frac{1}{175000}$

Queste due serie di elementi sono tanto diverse l'una dall'altra quanto se si trattasse di due pianeti non aventi fra loro alcun rapporto. Dovremmo credere perciò che Le Verrier non abbia dunque scoperto Nettuno? No, di certo. La causa principale della differenza proviene dalla distanza 36, invece di 30; ma in questo, come in molti altri problemi in cui vi sono parecchie incognite, v'hanno parecchie soluzioni possibili. Bisognava o supporre una distanza e calcolare la massa, o supporre una massa e calcolare la distanza. Più lontano si supponeva il pianeta, più forte doveva essere la massa perturbatrice, e reciprocamente. Il problema non è perciò men risolto, giacchè, come notavamo poco fa, quello non era che un problema matematico, ed è la conseguenza della sua verifica che è immensa pel pensatore. Ma allora, si dirà, come accade che con siffatta divergenza tra i risultati e la realtà, sia caduto proprio così vicino alla posizione reale occupata dall'astro cercato? Gli è perchè questa *posizione* era relativamente indipendente dall'orbita calcolata. Infatti, basta esaminare la fig. 261 per constatare che, qualunque sia quest'orbita, qualunque sia la distanza e qualunque sia la massa di Nettuno, questo pianeta era nel 1822 appunto dietro di Urano, ch'era innanzi dal 1781 al 1822, e che dal 1822 al 1845 era indietro; la accelerazione e il rallentamento del moto di Urano indicavano quella posizione. L'analisi delle perturbazioni dava dunque la longitudine con una approssimazione inevitabile.

Arago avrebbe desiderato che fosse dato a quel pianeta il nome del dotto matematico che l'aveva scoperto « sulla punta della sua penna »; ma le tradizioni mitologiche ebbero il soprávvento, come l'avevano avuto nel pianeta Herschel, ed il nome di Nettuno, figlio di Saturno, dio dei mari, già proposto per Urano, fu per comune accordo dato all'astro di Le Verrier (1).

---

(1) Le Verrier successe nel 1854 a Francesco Arago come direttore dell'Osservatorio di Parigi, ove morì il 23 settembre 1877, anniversario della scoperta ottica di Nettuno e due mesi appena dopo aver terminata la teoria completa dei moti planetari che aveva intrapresa nel 1845 in occasione che stabiliva la teoria del moto di Urano.

Nettuno ha l'apparenza di una stella di 8ª grandezza. Un cannocchiale astronomico di mediocre forza basta per trovarlo quando se ne conosce la posizione. Un ingrandimento di 300 volte gli dà un disco sensibile. Questo disco non misura che tre secondi in diametro, e sembra, nei telescopî potenti, di una leggiera tinta azzurra. Lalande l'aveva osservato come una stella l'8 e il 10 maggio 1795 e Lamont il 25 ottobre 1845; Lalande aveva ben anche notata una differenza fra le sue due posizioni, ma, attribuendola ad un errore, aveva soppressa la prima; se avesse pensato a tener dietro alla stella, scopriva Nettuno un mezzo secolo prima di Le Verrier... Con dei *se* si andrebbe nella Luna.

Secondo gli ultimi elementi calcolati, la distanza reale di Nettuno dal Sole, è di 30,055, prendendo per unità quella della Terra, vale a dire 1112 milioni

Fig. 263. — Grandezze comparate di Nettuno, di Urano e della Terra.

di leghe (4448 milioni di chilometri). Il diametro di quest'orbita è dunque di 8896 milioni di chilometri, e la periferia intera misura $2224 \times 3{,}1416$ (1) ossia 6987 milioni di leghe. Sono dunque 27 miliardi, 947 milioni, 67,4000 chilometri percorsi nello spazio di 60 151 giorni il che dà una velocità di 464 400 chilometri al giorno, ossia 19 350 all'ora, 322 al minuto primo, che è quanto dire 5370 metri al secondo. È questa, naturalmente, la più debole delle velocità planetarie che noi conosciamo, poichè questo pianeta è il più lontano dal Sole.

Questo pianeta, tanto da noi lontano, trovavasi nel 1879, nella costellazione di Ariete, come s'è visto dalla fig. 185 e passava al meridiano a mezzanotte

(1) La cifra 3,1416 (che suolsi indicare colla lettera greca π) rappresenta il rapporto fra una circonferenza qualunque e il suo diametro; ed è l'abbreviazione di un mostruoso numero decimale frazionario, la cui parte frazionaria è infinita; la cifra 3,141 592 653 589 793 238 .. equivale a un dipresso a $\frac{22}{7}$; il diametro sta nella circonferenza sviluppata $\frac{22}{7}$ di volta, ossia 3 volte e $\frac{1}{7}$.

ai 5 di novembre; ritarda ogni anno di due giorni soltanto ed impiega più di un secolo e mezzo a fare il giro del cielo. La lenta e lunga rivoluzione di Nettuno intorno al Sole richiede 60 181 dei nostri giorni, vale a dire *164 anni e 281 giorni;* tale è l'anno dei Nettuniani.

Il diametro effettivo di Nettuno è quattro volte maggiore di quello della Terra (4,4), ed il suo volume 85 volte superiore. La sua densità non è che il quinto (0,216) di quella del nostro globo, ma la gravità alla sua superficie è quasi la medesima della nostra (= 0,95).

Non conosciamo ancora la durata della rotazione diurna di questo remoto pianeta, essa deve essere rapida assai, al pari di quelle di Giove, Saturno ed Urano. Bisognerà che l'ottica faccia ancora dei grandi progressi, perchè si possa ottenere un tale ingrandimento di questo pallido disco, da lasciar scorgere gli aspetti della sua superficie varianti a seconda del suo moto di rotazione.

Tuttavia l'analisi spettrale è giunta, nonostante la debolezza della luce di Nettuno, a stabilire l'esistenza di un'atmosfera assorbente nella quale trovansi dei gas che non esistono sulla Terra, e che mostra una rimarchevole somiglianza di composizione chimica coll'atmosfera di Urano.

A quella distanza, l'astro del giorno, se può tuttavia chiamarsi così, presenta un diametro ridotto ad $\frac{1}{30}$, ed una superficie 900 volte minore; d'altrettanto è pur diminuita la sua intensità luminosa e calorifera; il suo diametro apparente è ridotto a soli 64″. Che cosa sono mai questa luce e questo calore? Senza dubbio per Nettuno il Sole non è una stella affatto, giacchè il diametro di Sirio, la stella più brillante, non è nemmeno un centesimo di secondo, e per conseguenza il sole di Nettuno risplende ancora come più di 40 milioni di stelle di prima grandezza. Ma partire dalla Terra per andare sopra Nettuno, è lasciar il calore e la luce per penetrare nei ghiacci e nelle tenebre. Vorrassi perciò dire che questo mondo sia condannato a rimanere eternamente allo stato di deserto sterile e spopolato? La natura stessa s'incarica di rispondere che un tal supposto sarebbe affatto contrario ai suoi fatti e alle sue viste. I naturalisti miopi che credevano di saper tutto, insegnavano dottoralmente, dieci anni or sono, che una pressione di tante atmosfere impedisce alla vita di prodursi, che un tal grado di luce è indispensabile alla vita e che le profondità oceaniche sono assolutamente spoglie di qualunque manifestazione vitale. Ma un vascello si lancia sull'immensa liquida pianura per visitare le zone equatoriali e polari, getta lo scandaglio a duemila braccia, a tremila metri di profondità, entro la notte eterna, nera oscurità ove la pressione è tale che un uomo discendendo colà avrebbe a sopportare un peso uguale a quello di 20 locomotive accompagnate ciascuna da un traino di carri carichi di spranghe di ferro: evidentemente non vi ha nulla colà... Si

ritira lo scandaglio e si riducono alla luce del Sole degli esseri graziosi, delicati, cui farebbe morire la più lieve pressione delle dita di Psiche che sveglia Amore; vivono là tranquilli, « felici come i pesci nell'acqua », e giacchè non v'ha luce, essi la fabbricano! Se potessero intendervi non parlate loro dei vostri parchi dagli alberi secolari, nè del mondano Parigi e di quei passeggi che voi tanto amate; essi preferiscono la loro capanna, la loro capanna oscura in fondo alle acque appena rischiarata dallo splendore dei loro amori fosforescenti, e per essi quello è il vero ambiente, là è la vera felicità. E quando voi gettate questi viventi avanzi sul ponte della nave e quegli esseri meravigliosi dai ricami variopinti muojono sotto ai vostri occhî, schiacciati dalla luce del cielo, soffocati dalla rarefazione dell'aria che nutre i vostri polmoni, voi non pensate a Nettuno? Voi non vedete che il Dio del mari ha laggiù un impero ben altrimenti vasto di questo? E siccome si ha là novecento volte meno di luce e di calore che sul ponte del vostro vascello, voi vi imaginate che la natura sia stata incapace a nulla produrvi! Errore errore insensato, perdonabile forse ai tempi di Aristotile, assolutamente imperdonabile oggidì.

Ah! senza dubbio sono molto diversi di noi. Non hanno nè le nostre teste, nè i nostri corpi, nè le nostre membra. Il cervello non è che una espansione del midollo spinale: è desso che ha fatto il cranio ed il cranio che ha formato la testa. Le nostre gambe e le nostre braccia non sono che i membri trasformati del quadrupede; è la posizione gradatamente verticale che ha fatto i piedi, ed è l'esercizio gradatamente perfezionato che ha fatto le mani. Il ventre non è che l'invoglio dell'intestino; la forma e la lunghezza di questo variano col genere di alimentazione! non esiste sopra ed entro tutto il nostro corpo, un centimetro quadrato che non sia dovuto al nostro funzionamento vitale nell'ambiente del pianeta che noi abitiamo. Ora, pensate voi che su tutti i mondi non si mangi? Sarebbe un'infamia! Là dove non si mangia, il tubo digerente è inutile, e per conseguenza, per buona fortuna, non esiste. Una varietà infinita, oltre l'imaginabile, esiste dunque fra i diversi mondi; sopra ciascuno di essi gli esseri, dal primo all'ultimo, sono intimamente organizzati per le forze in azione alla superficie di ciascun globo. L'uomo non è dovunque che un animale più o meno ragionevole, e la nostra specie terrestre sembra essere una delle meno favorite sotto questo punto di vista. La nostra vita va per metà perduta nel tempo consacrato al sonno e al cibo. Possono esistere dei mondi in cui non si dorma mai, come possono esservene altri su cui si dorma sempre. È forse il caso di Nettuno.

Colà un anno dura 164 dei nostri; un ragazzo di dieci anni ha già vissuto 1640 anni terrestri; una giovinetta di 18 anni, sposa, all'età di 2950 anni terrestri, il « giovane dei suoi sogni », vecchio lui pure di più di tremila anni;

ed un generale in pensione deve essere nato da tredicimila anni... se le cose vi sono organizzate come qui, ciò che non è per altro probabile.

La lentezza di questo mondo lontano e tenebroso ricorda *le ombre* di cui parla burlescamente Scarrone nella sua visita all'inferno:

Je vis *l'ombre* d'un cocher
Qui de *l'ombre* d'une brosse
Frottait *l'ombre* d'un carrosse (1).

Non occorre dire che laggiù la Terra è assolutamente invisibile al pari che Mercurio, Venere e Giove. Saturno è una piccola stella che si dilunga dal Sole fino a 18°. Pei Nettuniani il sistema solare sembra composto essenzialmente del Sole, di Saturno, di Urano, del loro proprio pianeta e di quello che, senza dubbio, gravita al di là di Nettuno.

Quegli esseri debbono avere una vista eccellente, poichè essa si è formata in un mezzo 900 volte meno rischiarato del nostro: debbono veder le stelle tanto di giorno che di notte se lo permette lo stato della loro atmosfera, e la loro enorme base di operazione trenta volte superiore alla nostra, deve aver loro consentito di calcolare molto tempo prima e molto meglio di noi le parallassi e le distanze delle stelle.

Fig. 264.
Il sistema di Nettuno.

Era Nettuno stato appena rivelato agli abitanti della Terra che, il 10 ottobre 1846, un astronomo inglese, Lassell, ne scopriva un satellite. Questo presentava il debole splendore di una impercettibile stella di 14ª grandezza.

La sua distanza da Nettuno è di 13 volte il semi-diametro del pianeta, ciò che corrisponde a circa 400 mila chilometri; gira intorno a Nettuno in 5 giorni e 21 ore. Circostanza degna di nota, il moto di questo satellite è retrogrado, come quello dei satelliti di Urano. Questo piccolo astro non fu ancora battezzato; tuttavia il dio Nettuno non mancava di figli; non gli converrebbe per avventura il nome di *Tritone*, uno dei più assidui compagni di suo padre sull'Oceano? È probabile che questo lontano pianeta sia accompagnato da un gran numero di satelliti.

---

(1) Ecco la traduzione di questi tre versi: Vidi *l'ombra* di un cocchiere che *coll'ombra* di una spazzola, puliva *l'ombra* di una carrozza.

Il faceto autore del *Romanzo comico*, la cui moglie doveva poi sposare Luigi XIV era, come è noto, deforme e rattrappito dai dolori. Non v'ha epitaffio più commovente del suo, composto da lui medesimo, eccolo:

Passant! ne fait pas de bruit,
De peur que je ne me reveille,
Car voici la première nuit
Que le pauvre Scarron sommeille!

(Passeggiero non far rumore per tema che io non mi svegli; perocchè è questa la prima notte che il povero Scarrone dorme.)

Dal fatto dell'essere Nettuno l'ultimo pianeta che conosciamo, non se ne deve però concludere che non ve ne siano altri più in là; creder tutto scoperto è un errore madornale: è scambiar l'orizzonte pei confini del mondo. Non si deve anzi rinunciare alla speranza di trovare il primo pianeta successivo, quando le osservazioni di Nettuno saranno distribuite sopra uno spazio abbastanza vasto perchè, avendosene l'orbita calcolata rigorosamente, le perturbazioni del pianeta esterno si manifestino in modo sensibile. Questa ricerca potrà essere intrapresa nel secolo prossimo, a meno che gli osservatori che passano le loro notti alla ricerca dei piccoli pianeti non lo trovino per caso, notando lo spostamento di una piccola stella delle loro carte celesti; ma da una parte, esso non deve essere che una stellina di grandezza inferiore alla 12ª, e d'altra parte, esso non può spostarsi che con una estrema lentezza. Il moto diurno medio di Saturno è di 120″; quello di Urano di 42″, quello di Nettuno di 21″; quello del supposto pianeta esterno non deve superare 10″.

Tale è per ora l'ultima tappa del nostro viaggio planetario; questa è l'ultima stazione del vasto impero del Sole. Fin dal principio della nostra descrizione abbiamo riconosciuto che un' istessa forza, una stessa forma di moto, ed una stessa legge regolano l'armonia di tutti questi mondi; noi potremmo conchiudendo, osservare che tutti sono costituiti di una sostanza originariamente unica: la materia nebulosa cosmica primitiva. L'idea dell'unità di sostanza s'impone alla mente come quella dell'unità di forza. La varietà delle successive condizioni di organizzazione ha condotto ad una correlativa varietà nei prodotti definitivi. I corpi che la chimica dice semplici non possono esserlo davvero. L'ossigeno, l'azoto, il carbonio, il mercurio, l'oro, l'argento, il ferro e tutti gli altri corpi, non possono essere che combinazioni (meccaniche) molecolari differenti degli atomi primitivi, vale a dire delle specie minerali, come si sono prodotte in seguito delle specie vegetali e delle specie animali, le cui sostanze costitutive provengono egualmente dalle sostanze minerali anteriori. L'unità d'origine non è dubbia, e da lungo tempo siamo persino autorizzati a pensare che l' idrogeno sia il corpo che si avvicina di più alla sostanza primitiva essenzialmente semplice. L'analisi spettrale conferma ai giorni nostri queste vedute.

Le differenze fra i pianeti della nostra grande famiglia solare non sono dunque essenziali, sono sopratutto differenze di grado. Noi vedremo fra breve che l'analisi chimica degli aeroliti e delle stelle cadenti viene in appoggio a questa considerazione. Le stelle, soli dello spazio, sono esse medesime sorelle del nostro Sole. Unità di origine, unità di forza, unità di sostanza, unità di luce, unità di vita nell' immenso universo, in mezzo all' infinita varietà di aspetti e di generazioni.

Ma ci siamo assai soffermati nelle regioni vicine alla nostra patria terrestre, già lontana nell' invisibile, già perduta di vista per noi dopo Saturno, già dimenticata nella sua mediocrità. Apriamo le nostre ali. Con rapido slancio varchiamo l'abisso ed entriamo nel regno delle Stelle.

Ma no; ci bisogna subire ancora un ritardo, dacchè abbiamo deciso di fare un viaggio istruttivo e di non lasciar passare nulla inosservato. Tra il mondo solare e le stelle, strane forme solcano scarmigliate gli spazî celesti, quasi gettando nel nostro spirito un ponte attraverso l' intentato abisso, e ponendo in comunicazione gli universi fra di loro. Osserviamo di passaggio queste Comete, ma guardiamoci dal lasciarci trattenere troppo tempo da queste fantastiche creature, sirene dell'oceano siderale, le cui rivelazioni sull' immensità sono piene di seduzione, e le cui mani stese verso gli orizzonti inaccessibili sembrano indicarci da lungi i misteriosi sogni dell'infinito.

FINE DEL LIBRO QUARTO.

LIBRO QUINTO

LE COMETE

CAPITOLO I.

Le Comete nella storia dell' umanità.

Le comete, bisogna confessarlo, sono fra tutti gli astri, quelli la cui apparizione chiama più vivamente l'attenzione dei mortali. La loro rarità, la loro singolarità, il loro misterioso aspetto, rendono attonita la mente più

apatica. Le cose che noi vediamo tutti i giorni, i fenomeni che si riproducono costantemente o regolarmente sotto i nostri occhî, non ci colpiscono più, non svegliano più la nostra attenzione, nè la nostra curiosità. « Non è a torto — scriveva D'Alembert — che i filosofi si meravigliano vedendo cadere una pietra, ed il popolo che ride del loro stupore, bentosto ne partecipa egli pure per poco che rifletta. » Sì, bisogna esser filosofi, bisogna riflettere, per giungere a cercare il perchè e il come dei fatti che si vedono quotidianamente od almeno la cui produzione è frequente e regolare. I fenomeni più meravigliosi passano inosservati; l'abitudine attutendo in noi l'impressione, non ci lascia che l'indifferenza. Notiam poi il fatto singolare, che l'impreveduto, lo straordinario faranno sempre nascere la paura, giammai la gioja o la speranza. Così è che in tutti i paesi, in tutti i tempi, lo strano aspetto di una cometa, la luce sepolcrale della sua chioma, la sua improvvisa apparizione nel firmamento, hanno prodotto sullo spirito dei popoli l'effetto di una potenza terribile, minacciosa per l'ordine anticamente stabilito nella creazione; e siccome il fenomeno è di breve durata, ne risultò la credenza che la sua azione deve essere immediata o per lo meno assai prossima; ora, gli avvenimenti di questo mondo offrono sempre nella loro concatenazione qualche fatto che si può riguardare come il compimento di un presagio funesto.

Salvo poche eccezioni, gli astronomi antichi hanno considerato le comete sia come meteore atmosferiche, sia come fenomeni celesti affatto passeggieri. Per gli uni, questi astri erano *esalazioni terrestri* infiammantisi nella regione del fuoco; per altri, erano le *anime dei grandi uomini* che salivano al cielo lasciando questo nostro povero pianeta, da cui dipartivansi, in balìa ai flagelli da cui è così di frequente colpito.

Sembra che i Romani credessero seriamente che la grande cometa apparsa alla morte di Cesare l'anno 43 av. C., fosse proprio l'anima del dittatore (1). Al XVII secolo Evelio e Keplero stesso inclinavano a veder ancora in esse delle emanazioni provenienti dalla Terra e dagli altri pianeti. Si capisce come con idee così fatte la determinazione dei moti cometarî dovesse essere assai negletta. Si fu grazie agli sforzi di Ticone dapprima, poi di Newton, di Halley, e sopratutto degli astronomi più moderni, ch'essa assorse al rango della teoria dei moti planetarî.

Non si può negare che, a prima giunta, la maestosa uniformità dei movi-

---

(1) Con questa metamorfosi Ovidio chiude il suo gran lavoro dedicato ad Augusto stesso. « Venere — dice egli — discende dalle eteree sfere, invisibile a tutti gli sguardi, e si ferma in mezzo al Senato. Stacca l'anima dal corpo di Cesare, le impedisce di svaporare, e la trasporta nella regione degli astri. Man mano che si eleva, la Dea la sente trasformarsi in una sostanza divina e farsi di puro fuoco. Essa la lascia sfuggire dal suo seno. L'anima se ne vola al disopra della Luna e diventa una stella splendidissima che trascina sopra lungo spazio la sua capigliatura infiammata. »

menti celesti non sembri disturbata dalla repentina apparizione di scarmigliata cometa, il cui aspetto straordinario sembra svelare in essa un visitatore sopranaturale. Perciò gli antichi scrittori le dipingono sempre sotto le più spaventose figure: erano giavellotti, sciabole, spade, criniere, teste tronche coi capelli e le barbe irsute; brillavano di uno splendore rosso di sangue, giallo o livido, come quella di cui parla lo storico Giuseppe, apparsa durante lo spaventevole assedio di Gerusalemme. Plinio riscontrò in questa stessa cometa « una bianchezza talmente smagliante, che a mala pena vi si poteva fissar l'occhio: vi fa vedere l'imagine di Dio sotto umane forme ».

Lo storico Svetonio mette a carico dell' influsso di uno di questi astri gli orrori commessi da Nerone, che teneva presso di sè l' astrologo Babilus (1), ed assicura che una cometa annunciò la morte di Claudio. Si legge pure in Dione Cassio: « Parecchî prodigi precedettero la morte di Vespasiano: una cometa rimase lungo tempo in vista; il sepolcro di Augusto si aprì da sè stesso. Siccome i medici rimproveravano l'imperatore perchè, quantunque afflitto da una malattia grave, continuava a vivere come il suo solito e a disimpegnare gli affari di Stato, egli rispose: — Un imperatore deve morire in piedi. — Vedendo alcuni cortigiani che s' intrattenevano sottovoce della cometa: — Quella stella chiomata, disse egli ridendo, non mi concerne punto: essa minaccia piuttosto il re dei Parti che è molto capelluto, laddove io sono calvo. » — Questa risposta vale quella di Annibale al re di Bitinia che rifiutavasi a dar battaglia a motivo dei presagi letti nelle viscere delle vittime: « Dunque tu anteponi l'avviso del fegato di un montone a quello di un vecchio generale? » — Ogni epoca ha i suoi pregiudizî, e noi, all'epoca nostra, ne abbiamo di non meno ridicoli.

Le stesse credenze sorsero e presero radice presso i Greci: una cometa apparsa nel 371 av. C., e descritta da Aristotile, annunciò, secondo Diodoro Siculo, la decadenza dei Lacedemoni, e, secondo Eforo, la distruzione delle città di Elice e di Bura, in Acaja, operata dalle acque del mare. Plutarco riferisce che la cometa dell'anno 344 av. C., fu per Timoleone da Corinto il presagio del successo della spedizione ch'egli stesso diresse contro la Sicilia. Gli storici Sazoncene e Socrate raccontano alla loro volta, che nell'anno 400

---

(1) Da Nerone fino a Caterina de' Medici la maggior parte dei re e dei principi avevano un astrologo al proprio servizio. Questo officio non era sempre aggradevole: Tiberio ne fe' gettare più di uno nel Tevere, e non sempre era facile cavarsi da quel mal passo. Ne fa prova quello di Luigi XV, che aveva annunziata la morte di una dama che godeva i reali favori. Essendo ella morta infatti, il reale compare di Tristano fe' venire l'astrologo, e ordinò a' suoi di star attenti ad un dato segnale che lor darebbe, per impadronirsi di quell'uomo e di cucirlo in un sacco da gettarsi poi nella Senna. Tosto che il re lo vide, gli disse: — Tu che pretendi di essere tanto abile, e conosci tanto bene la sorte altrui, dimmi tosto quanto tempo hai tu stesso da vivere ancora? — Sire, rispose senza scomporsi l'astrologo, le stelle mi hanno rivelato che debbo morire tre giorni prima di vostra maestà. — Il re, dopo questa risposta, si guardò bene di dare il segnale convenuto, anzi si prese d'allora innanzi le più sollecite cure per la preziosa salute dell'astrologo.

della nostra èra una cometa in forma di spada venne a risplendere sopra Costantinopoli e parve toccare la città all'istante dei grandi infortunî di cui la minacciava la perfidia di Gainas.

Il medioevo rincarò ancora, se è possibile, sulle pazze idee dell'antichità, e diede di talune comete certe descrizioni il cui fantastico sorpassa tutto quanto è possibile imaginare (1).

Paracelso ci assicura che esse sono mandate dagli angeli per nostro avvertimento. Quel pazzo sanguinario che chiamavasi Alfonso VI, re di Portogallo, alla notizia della comparsa della cometa del 1664, si slanciò sul balcone, da cui la colmò di sciocche ingiurie e la minacciò colla sua pistola. La cometa proseguì maestosamente per la sua via.

Vedremo più innanzi che una delle comete periodiche più famose nella storia è quella che oggi porta il nome di Halley, in memoria dell'astronomo che calcolò e predisse il primo dei suoi ritorni. Questa cometa infatti si è già mostrata alla Terra ventiquattro volte, dall'anno 12 della nostra èra, data dell' apparizione più antica di cui si sia conservato ricordo. La sua prima comparsa, memorabile nella storia di Francia, è quella dell'anno 837, sotto il regno di Luigi I l' Imbecille. Un cronista anonimo di quel tempo, soprannominato l' Astronomo, ne parla ne' seguenti termini: « Nel mezzo dei santi giorni di Pasqua apparve in cielo un fenomeno sempre funesto e di triste presagio. Tosto che l'imperatore, molto attento a siffatti fenomeni, l'ebbe scôrto, non ebbe più riposo. Un mutamento di regno — mi disse egli — e la morte di un principe sono annunciati da questo segno. » Ei si consigliò coi vescovi e n'ebbe esortazione a pregare, fabbricare chiese e fondare conventi. È quello che infatti fece. Ma ciò non ostante tre anni dopo morì.

---

(1) Apparvero comete per annunciare la morte di Costantino (336), di Attila (453), dell'imperatore Valentiniano (455), di Meroveo (577), di Chilperico (584), dell' imperatore Maurizio (602), di Maometto (632), di Luigi l' Imbecille (837), dell'imperatore Luigi II (875), del re di Polonia Boleslao I (1024), di Roberto re di Francia (1033), di Casimiro re di Polonia (1058), di Enrico I re di Francia (1060), di papa Alessandro III (1181), di Riccardo I re d' Inghilterra (1198), di Filippo Augusto (1223), dell' imperatore Federico (1250), dei papi Innocenzo IV (1254), ed Urbano IV (1264), di Gian Galeazzo Visconti duca di Milano. Questo tiranno era ammalato quando apparve la cometa del 1402. Dal momento che scorse l' astro fatale disperò di guarire: « Poichè — disse egli — nostro padre al suo letto di morte ci ha rivelato che, dietro l' attestazione di tutti gli astrologhi, al tempo della nostra morte, una stella consimile sarebbe apparsa durante otto giorni. Io rendo grazie a Dio perchè abbia voluto annunciare agli uomini la mia morte con questo segno celeste. — (Che umiltà monacale! Ecco qui della gente che crede sul serio di esser fatta di una diversa pasta di quelli che lavorano e servono). Il suo male aggravatosi, ei morì poco tempo dopo a Marignano, il 3 di settembre.

Si volle del pari trovare una coincidenza fra altre apparizioni cometarie e la morte di Carlo il Temerario (1476), di Filippo il Bello, padre di Carlo V (1505), di Francesco II re di Francia (1560), ecc. La lista potrebbe esser prolungata. Al bisogno si inventarono anche delle comete (assenti però!) come, per esempio, alla morte di Carlomagno (814). E che descrizioni se ne fecero! Ecco, per esempio, secondo ne riferisce lo storico Niceta, quale era l'orribile aspetto di quella del 1182:

« Dopo che i Latini furono cacciati da Costantinopoli, si vide un pronostico dei furori e dei delitti a cui doveva abbandonarsi Andronico. Una cometa apparve nel cielo simile ad un tortuoso serpente, ora essa s'allungava, ora si ripiegava sopra sè stessa, ora, con grande spavento degli spettatori, *essa apriva una vasta gola;* si sarebbe detto che, avida di umano sangue, fosse in procinto di satollarsene. »

La cometa di Halley apparve di nuovo nell' aprile del 1066, quando Guglielmo il Conquistatore invadeva l'Inghilterra. I cronisti del tempo scrivono unanimemente: « I Normanni, guidati da una cometa, invadono l' Inghilterra. » La duchessa-regina Matilde, sposa di Guglielmo, ha rappresentato con molta ingenuità questa cometa e l' invasione de' suoi sudditi, sulla tappezzeria di settanta metri di lunghezza che ognuno può vedere a Bayeux. La regina Vittoria porta nella sua corona un flosculo tolto dalla coda di questa cometa che ha avuto la maggior influenza sulla vittoria di Hastings.

Ma la più celebre delle sue comparse è quella del 1456, tre anni dopo la caduta di Costantinopoli in potere dei Turchi. L' Europa era ancora in preda all'emozione prodotta da quella terribile notizia; si narrava che la chiesa di Santa Sofia era stata convertita in moschea; che tutto il popolo cristiano era stato sgozzato, o ridotto in servitù: si trepidava per la salute della cristianità. La cometa apparve nel giugno del 1456: era grande e terribile — dicono gli storici di quel tempo; — la sua coda copriva due segni celesti, vale a dire 60 gradi; aveva uno splendido color d'oro e dava l' imagine d'una fiamma ondeggiante. Vi si vide un segno certo della collera divina: i Musulmani vi vedevano una croce, i cristiani un jatagan. In così gran pericolo, papa Calisto III (ed era un *infallibile*) ordinò che le campane di tutte le chiese fossero suonate ogni giorno a mezzodì e invitò i fedeli a dire una preghiera per iscongiurare la cometa e i Turchi. Quest'usanza si è conservata in tutti i popoli cattolici, quantunque non si abbia ora più paura delle comete e meno ancora dei Turchi; così ebbe origine l' *Angelus*.

Questa cometa, del resto, non fa eccezione alla regola generale, perocchè questi astri misteriosi hanno avuto la virtù di esercitare sulla imaginazione una potenza che la piombava nell' estasi e nello spavento. *Spade di fuoco, croci sanguinolenti, pugnali infiammati, lancie, dragoni, gole* ed altre denominazioni di siffatto genere vennero loro prodigate nel medioevo e all' epoca del Rinascimento. Comete come quella del 1577 sembrano tuttavia giustificare, colla loro forma strana, i titoli coi quali generalmente si salutano. Anche gli scrittori più serî non poterono sottrarsi a questo terrore. Per citar un esempio, il celebre chirurgo Ambrogio Paré, in un capitolo sui *Mostri celesti*, descrive la cometa del 1528 coi colori più vivi e spaventevoli: « Questa cometa era orribile tanto e così spaventosa, e generava nel pubblico cotanto terrore, che alcuni morirono di spavento, altri caddero ammalati. Essa appariva di una lunghezza eccessiva e di color sanguigno, alla cima di essa vedevasi la figura di un *braccio curvo* con una lunga spada nella mano in atto *di voler colpire*. Presso la punta erano tre stelle. Ai due lati dei raggi di questa vedevasi un gran numero di scuri, di coltelli, di spade tinte di sangue, e in

mezzo a tutto questo una gran quantità di *facce umane* schifose, con barbe e capelli irti e arruffati. »

Del resto, si può ammirare questa famosa cometa nella riproduzione fedele che ne diamo qui (fig. 266). Dalla stessa epoca data questo ingenuo disegno di armate vedute in cielo nel 1520 (fig. 267).

Si vede che l'imaginazione, quando vi si mette di proposito, ha buona vista.

Parecchi personaggi ben conosciuti, nel 1528 e nel 1577 credettero con tal buona fede prossimo il finimondo (1), che lasciarono i loro beni ai conventi, senza tuttavia riflettere abbastanza... giacchè, se finimondo doveva esservi, vi sarebbe stato anche per i frati, monache e preti, e allora a che pro arricchirli?... D'altra parte i frati si mostrarono migliori fisici (furbi per Dio!), ed accettarono i beni terrestri in attesa delle volontà del cielo.

Fig. 266. Quello che si credeva di vedere nella cometa del 1528

Tuttavia, le idee astrologiche cominciavano ad essere vigorosamente impugnate. « Sì, — diceva Gassendi, sul principio del regno di Luigi XIV, — sì, le comete sono realmente spaventevoli, ma a cagione della nostra dabbenaggine. Noi ci fabbrichiamo gratuitamente degli oggetti di terrore panico, e, non contenti dei nostri mali reali, ne inventiamo di imaginarî. »

« Piacesse a Dio — diceva Erasmo un secolo prima — che le guerre non avessero altra cagione che la bile dei sovrani eccitata da qualche cometa. Un abile medico, con qualche dose di rabarbaro, ricondurrebbe in breve le dolcezze della pace! »

Nel 1661, la signora di Sévigné scriveva a sua figlia:

« Noi vediamo qui una cometa che è molto estesa; ha la più bella coda

---

(1) Non si capisce perchè gli uomini di quel tempo trovassero tanto divario tra il finire (cessar di vivere) tutti insieme, e il finire a pochi per volta o ad uno ad uno alla spicciolata. Per chi muore solo, non è anche il finimondo? Ma forse allora non si faceva calcolo del proverbio, acconcio al caso « *solatium hominibus socios habere morientes!* » Ai tempi nostri certi bottegai che vedono scarseggiare i gonzi e diminuire il numero dei *poveri di spirito*, tentano pure di quando in quando di impaurire il volgo con annunci di catastrofi (come della caduta della Luna nel 1853, e anche più recentemente col pronostico di un incendio universale cagionato dall'ultima cometa), ma... il mondo cammina, e anche i ricchi, per quanto devoti ed ignoranti, dicono: « I nostri soldi stanno meglio in casa nostra che in sacristia. » IL TRAD.

che si possa vedere. Tutti i grandi personaggi sono intimoriti e credono che il cielo, preoccupatissimo per la loro sorte, ne dia un avvertimento con quella cometa. Si dice che il cardinale Mazarino, che i medici dànno per ispacciato, intendendo da' suoi cortigiani che la sua agonia dovendo necessariamente essere onorata da un prodigio, era apparsa una grande cometa che faceva loro paura, ebbe ancora la forza di burlarsi di loro, e disse facetamente che la cometa facevagli troppo onore. In verità si dovrebbe dire come lui, e l'orgoglio umano si fa pure troppo onore credendo che gli astri abbiano un gran da fare quando alcuno di noi deve morire. »

Venti anni più tardi, tuttavia, i grandi della corte di Luigi XIV non erano tutti sensati al pari di Mazarino. Si legge nelle cronache dell'*Œil-de-Beuf*, del 1680:

« Tutti i cannocchiali sono da tre giorni puntati sul firmamento; una cometa, qual non si è ancor vista ai tempi nostri, tiene giorno e notte occupati i nostri dotti dell'Accademia delle Scienze. Il terrore è grande in città; gli spiriti timorati vi vedono il segnale di un nuovo diluvio, attesochè, essi dicono, l'acqua si annuncia sempre per via del fuoco, cosa che non mi parrà una ragione dimostrativa a meno che il signor Cassini non si dia la cura di confermarmela. Intanto che i paurosi fanno testamento, e, preveggendo la fine del mondo, lasciano tutte le loro sostanze ai monaci, la Corte agita forte la questione di sapere se l'astro errante non annunci per avventura la morte di qualche grande personaggio, come annunziò, dicono essi, quella del dittatore romano. Alcuni cortigiani, spiriti forti, si burlavano jeri di questa opinione; il fratello di Luigi XIV, che teme, a quanto, pare, di diventare ad un tratto Cesare, esclamò, con fare molto asciutto: « Eh signori, voi ne parlate con disinvoltura... voi altri, voi non siete principi! (1) »

Fig. 267.
Quello che si credeva di vedere in cielo al XVI secolo.

(1) Questa famosa cometa del 1680 fece grande impressione in tutti gli uomini: Cattolici, Riformati, Turchi, Ebrei, ebbero paura. Essa colpì, oserei dire, persino i polli!... Ho trovato nelle cartelle della Biblioteca nazionale di Parigi una stampa dell'epoca col titolo: *Prodigio straordinario, qualmentechè a Roma una gallina depose un uovo sul quale era impressa l'imagine della cometa.* L'incisione rappresenta l'uovo in discorso, sotto diversi aspetti, e vi è annessa una leggenda che dice essere stato il fatto « accertato dal papa e dalla regina di Svezia ».

Persino il dotto Bernouilli non si liberò dal pregiudizio e lo perpetuò dicendo che se il corpo della cometa non è un segno visibile della collera di Dio, *la coda tuttavia potrebbe esserlo.* Egli è a questa cometa che Whiston attribuiva il diluvio noetico, formandosi sopra calcoli matematici altrettanto astratti quanto poco fondati nel loro punto di partenza.

Questo inglese, contemporaneo di Newton, teologo ed astronomo ad un tempo, pubblicò nel 1696 una *Teoria della Terra,* in cui si proponeva di spiegare coll'influenza di una cometa le rivoluzioni geologiche e gli avvenimenti narrati dalla *Genesi.* La sua teoria era dapprima affatto ipotetica, giacchè non si applicava a nessuna cometa in particolare, ma quando Halley ebbe assegnato alla famosa cometa del 1680 un'orbita ellittica percorsa in 575 anni, e Whiston, risalendo nella storia, ebbe trovato fra le date delle sue antiche apparizioni una delle epoche assegnate dai cronisti al diluvio mosaico, il teologo astronomo non esitò più; precisò la sua storia e diede alla cometa del 1680, non solamente l'officio di sterminatrice per via idraulica del genere umano per allora, ma anche quello di sterminatrice per via ignea in avvenire.

« Come l'uomo — dice — ebbe peccato, una piccola cometa passò vicinissima alla Terra, e, tagliando obliquamente il piano della sua orbita, le impresse un moto di rotazione. Dio aveva previsto che l'uomo peccherebbe, e che i suoi delitti, giunti al colmo, esigerebbero un terribile castigo; per conseguenza, fin dal momento della creazione aveva approntata una cometa destinata ad essere lo strumento della sua vendetta. Questa cometa è quella del 1680 ». Come avvenne la catastrofe? Ecco qua:

O fosse il venerdì 28 novembre dell'anno del peccato 2349, o fosse il 2 dicembre del 2926 (l'illustre teologo astronomo non è ben certo!) fatto sta che la cometa forò il piano dell'orbita della Terra in un punto da cui il nostro globo non era distante che di 14.456 chilometri (1). La congiunzione ebbe luogo all'istante in cui si suonava mezzodì sul meridiano di Pekino, ove (per quanto risulta dalle informazioni prese) dimorava Noè prima del diluvio. Ora quale fu l'effetto di quell'incontro? Una marea prodigiosa si levò, non soltanto sulle acque dei mari, ma anche su quelle che si trovavano sotto la crosta solida.

Le catene montane dell'Armenia, i monti Gordiani, che trovavansi più vicini alla cometa al momento della congiunzione, furono scossi e si squarciarono. E per tal modo « furono aperte le sorgenti del grande abisso ». Ma il disastro non si fermò lì. L'atmosfera e la coda della cometa, toccando la

---

(1) Misurati esattamente dal dotto e serio autore inglese col metro campione in platino, fabbricato dopo le misure del meridiano fatte da Arago, La Condamine e altri, un secolo dopo!
IL TRAD.

Terra e la sua atmosfera, vi si precipitarono dei torrenti di acqua che cadde durante quaranta giorni, e così « furono aperte tutte le cateratte del cielo ».

La profondità delle acque del diluvio fu, secondo Whiston, di quasi diecimila metri.

In quanto alla conservazione di tutti gli animali del mondo nell'arca di Noè, non possiamo far meglio che riprodurre (figura 268) il disegno non meno curioso che ingenuo, tratto dall'*Apocalisse* di San Severo (manoscritto del secolo XII). Non sono molti anni, si credeva ancora all'arca di Noè, al diluvio universale e al paradiso terrestre.

Ora, in che modo questa cometa, che la prima volta ha annegato il genere umano, potrà incendiarlo invece al suo secondo incontro? Whiston non si trova punto nell'imbarazzo: essa giungerà dietro di noi, ritarderà il moto del nostro globo, cambierà la sua orbita quasi circolare in un ellisse molto eccentrica. « La Terra sarà tratta vicino al Sole; essa vi proverà un calore di un'intensità estrema, ed entrerà in combustione. Finalmente, dopo che i santi avranno regnato per mille anni sulla Terra rigenerata dal fuoco, e resa di nuovo abitabile per divina volontà, un'ultima cometa verrà ad urtare la Terra, l'orbita terrestre si allungherà eccessivamente e la Terra, ritornata cometa, cesserà di essere abitabile. »

Dopo ciò non è più lecito il dire che le comete servono a nulla!

L'ignoranza delle teorie astronomiche era ancora così generale nel secolo scorso, che non v'era grossolana sciocchezza che non si ripetesse da tutti, una volta che fosse stata stampata. Non si pretese nel 1736 che il Sole aveva retrogradato? E nel 1768 che il pianeta Saturno erasi perduto col suo anello e coi suoi satelliti? Tutti lo credettero, i periodici più accreditati diffusero quella strana notizia, ed uomini sensati, abbastanza illuminati per non dar retta a simili dicerie, se ne fecero docili portavoce. Alcuni anni dopo, si manifestò a Parigi uno spavento di cui non si aveva avuto esempio per lo innanzi; la cosa giunse a tal segno che il governo dovette immischiarsene per porvi un termine, e tuttavia a quell'epoca l'instancabile Messier (1) scopriva comete sopra comete e faceva perdere a questi astri cappelluti l'importanza annessa alla loro antica rarità.

Lalande, uno dei più illustri astronomi francesi, aveva da poco dato alla luce una memoria intitolata: *Considerazioni intorno alle comete.* Come narra egli stesso, ei non aveva fatto che parlare di quelle che, in certi casi, potreb-

---

(1) Messier scoprì sedici comete. Il suo ardore per questo genere di ricerche era tale che, rimasto vedovo al momento in cui Montagne, astronomo di Limoges, scopriva egli pure una cometa, ricevette le condoglianze de' suoi amici dicendo: « Ne avevo già scoperte undici, ci voleva proprio quel Montagne per portarmi via la dodicesima! » Poi, accorgendosi che gli si parlava, non della cometa, ma di sua moglie, aggiunse: « Ah! sì, era pur una buona donna! » Poi continuò a rimpiangere la sua cometa.

bero avvicinarsi alla Terra, ma il pubblico s'imaginò che avesse predetto una cometa straordinaria, e che questa cometa dovesse trarre seco la fine del mondo. Dai più alti (per modo di dire) ranghi della società, lo spavento discese fino al popolino, e l'universale tenne per deciso che la fatale cometa era in viaggio e che il nostro globo stava per aver fine. Il terrore generale aveva preso proporzioni così grandi che, per ordine del re, Lalande fu invitato a spiegare il suo pensiero in un opuscolo dedicato al pubblico. Non ci volle meno per rassicurare gli animi timorosi e far ripigliare al mondo i suoi progetti sull'avvenire, stati per un momento abbandonati.

Noi potremmo agevolmente trovare esempî analoghi nel nostro secolo. La paura delle comete è una malattia periodica che non manca mai di far capolino in tutte le circostanze in cui la comparsa di uno di questi astri è annunziata con qualche rumore. Accadde a' giorni nostri un caso in cui la paura pareva, per così dire, scientificamente giustificata: vogliam dire del ritorno della piccola cometa di Biela nel 1832.

Calcolando l'epoca della futura ricomparsa del nuovo astro, il signor Damoiseau aveva trovato che la cometa doveva il 29 ottobre 1832, prima di mezzanotte, attraversare il piano dell'orbita terrestre, nel solo punto in cui una cometa poteva incontrare la Terra. Il passaggio dell'astro doveva, secondo i suoi calcoli, effettuarsi nel piano, ma alquanto in dentro dell'orbita della Terra e ad una distanza eguale a quattro raggi terrestri e due terzi. Siccome la lunghezza del raggio della cometa era eguale a cinque raggi terrestri e un terzo, era cosa evidentissima che il 20 ottobre 1832, prima di mezzanotte, una porzione dell'orbita terrestre si troverebbe occupata dalla cometa.

Questi risultati, appoggiati da tutta l'autorità scientifica desiderabile, furono dai giornali portati a conoscenza delle popolazioni; è facile imaginarsi la profonda sensazione che essi produssero. La era finita! la fine dei tempi era prossima; la Terra stava per essere urtata, sbocconcellata, polverizzata, annientata dal cozzo della cometa: tale fu il tema di tutte le conversazioni. Gli spiriti anche i più forti ne furono per un momento scossi.

Ma rimaneva una questione, e i giornali non l'avevano per anco posta e neppur preveduta. In qual luogo della sua immensa orbita si sarebbe trovata la Terra il 29 ottobre 1832, prima di mezzanotte, all'istante in cui la cometa attraverserebbe quest'orbita in uno dei suoi punti? Il calcolo risolvette tosto queste difficoltà! Arago scrisse nell' *Annuario pel 1832:* « Il passaggio della cometa vicinissimo *ad un certo punto* dell'orbita terrestre avrà effetto il 29 ottobre prima di mezzanotte; ebbene! la Terra non giungerà *allo stesso punto* che il 30 novembre al mattino, vale a dire, *più di un mese dopo.* Ora non vuolsi far altro che ricordare come la velocità media della Terra nella sua

orbita sia di 674 000 leghe al giorno, ed un calcolo semplicissimo proverà che *la cometa passerà ad una distanza dalla Terra di più di venti milioni di leghe* ».

Fig. 268. — L'arca di Noè, da un disegno del XII secolo.

Accadde come aveva predetto, e la Terra, anche questa volta, se la cavò con un po' di paura.

La storia del passato, confessiamolo, è sempre la storia del presente. Quan-

tunque il livello generale dell'intelligenza si sia elevato, rimane tuttavia nel fondo della società una strato abbastanza denso d'ignoranza (1), sulla quale l'assurdo, con tutte le conseguenze ridicole e spesso funeste che si tragge dietro, ha sempre probabilità di germogliare. La paura irriflessiva, la paura non motivata è una di siffatte conseguenze, e la paura è una pazza consigliera. Un gran numero dei nostri lettori può ricordarsi che il ritorno della cometa di Carlo V era stato annunziato da un mistificatore pel 13 giugno 1857. Quel giorno lì appunto la cometa doveva incontrare la Terra e ne doveva seguire il finimondo. Le popolazioni dei dipartimenti della Francia erano letteralmente immerse nello spavento, e persino a Parigi non si udiva parlar della cometa che con terrore (2).

La distruzione della Terra per opera di una cometa fu annunciata, ancor più recentemente, per il 12 agosto 1872, sotto il preteso auspicio del signor Plantamour di Ginevra, il quale era di certo affatto estraneo a tale annunzio. Si ebbe paura: ma non si cessò per questo di vivere come al solito, e la data fatale passò senza catastrofi.

Noi esamineremo più innanzi, non più sotto il punto di vista leggendario della fine del mondo, ma sotto un aspetto esclusivamente scientifico, quello che potrebbe risultare dall'incontro di una cometa col nostro globo.

Diciotto secoli or sono, Seneca era più innanzi di un gran numero de' suoi posteri.

Solo, o quasi solo, questo filosofo aveva opposta la sua potente logica alle idee superstiziose de' suoi contemporanei e a quelle di Aristotile, che attribuiva quegli astri ad esalazioni della Terra.

« Le comete — egli dice — si muovono regolarmente lungo le vie prescritte dalla natura » e gettando sull' avvenire uno sguardo profetico, afferma che la posterità si meraviglierà che i tempi di lui avessero sconosciuto delle verità tanto palpabili. Egli aveva ragione contro tutto intero il genere umano, il che equivale ad aver torto, o press'a poco; e per sedici secoli ancora il problema non fece alcun progresso, neppure in quel medesimo secolo tanto ardito da scuotere il giogo di autorità ben altrimenti possente. Keplero stesso

---

(1) Questo strato ci sarà sempre, perchè l'ignoranza è relativa, non cosa assoluta, nelle condizioni attuali dei popoli civili. Supponiamo una differenza fra la classe più ignara e quella degli scienziati più avanti in sapere; ammettiamo, per esempio, che tutte le classi progrediscano di una stessa quantità in 100 anni: la differenza sarà ancora la medesima; può supporsi che la classe infima in sapere progredisca più che la classe superiore? Ma se si ammette questo, si avrebbe un regresso, e poi una inversione, talchè tornerebbesi al caso di prima, invertite le parti.
(Nota oziosa del Trad.)—

(2) Ecco un fatto che rende testimonianza della paura ch'essa inspirava. In quel momento il pianeta Venere trovavasi in posizione in cui splendeva colla maggior lucentezza; era così splendido che lo si scorgeva di pieno giorno prima del tramonto del sole. Nelle belle sere di febbraio si vedevano sulle piazze numerosi capannelli intenti a considerar Venere, ch'essi pigliavan per cometa; vi furono persino alcuni che, vantandosi di vista acutissima, pretendevano e sostenevano di discernerne la coda.

dopo il 1600, Keplero, il libero pensatore, l'astronomo innovatore, lo scopritore delle leggi che reggono i moti celesti, ammise i pronostici e le influenze cometarie; e nondimeno non si può rimproverare una debolezza superstiziosa a quegli che osava dire ai teologi che combattevano la dottrina di Copernico e di Galileo: « Non compromettetevi di fronte alle verità matematiche: la scure a cui vuolsi far tagliare il ferro, non può più dopo intaccare nemmeno il legno ».

Gli osservatori del cielo, avvezzi alla grande regolarità del moto degli astri, a quella calma, a quella pace che caratterizzano le regioni celesti, non potevano vedere senza stupore e senza spavento degli astri che paiono sbucare repentinamente in tutte le regioni del cielo, e la cui forma, colle sue appendici, differisce da quella di tutti gli altri astri e che sembrano accompagnati o preceduti da strisce luminose spesso immense, il cui corso infine, contrario a quello di tutti gli altri corpi celesti mobili, termina con una scomparsa tanto repentina quanto fu istantanea la loro apparizione. Non è da stupirsi se la paura abbia trovato posto fra lo stupore e l'ignoranza, tanto è naturale cosa il vedere dei prodigi nelle cose che sembrano straordinarie ed inesplicabili.

Bisogna del resto confessare che la comparsa di una gigantesca cometa, quale, per esempio, quella del 1811, colpisce di stupore tutti quelli che la contemplano. Senza ricorrere alla figure più o meno bizzarre attribuite alle comete comporse nei secoli in cui la credulità era tanto profonda e così poco sviluppato il senso critico, l'aspetto semplicemente grandioso di un visitatore celeste della mole di quello or citato, spiega e scusa le esagerazioni della paura, mettendo in giuoco la collera celeste o i diavoli dell'inferno. Giudichiamo ciascun'epoca sotto la sua rispettiva luce. Noi vedremo più lungi che questa cometa, di cui i nostri padri si ricordano ancora, non misurava meno di *44 milioni* di leghe di lunghezza.

Per far scomparire il prodigio, bisogna dunque trovare le *leggi* del moto delle comete; è quanto fece Newton nell'occasione della gran cometa del 1680. Avendo verificato che, giusta le leggi dell'attrazione universale, il cammino di una cometa doveva essere una curva molto allungata, tentò, coll'aiuto di Halley, suo collaboratore ed amico, di rappresentare matematicamente il corso del nuovo astro, e vi riuscì perfettamente. Halley si impadronì attivamente di questo ramo dell'astronomia e riconobbe più tardi che la cometa del 1682 somigliava siffattamente, nel suo moto intorno al Sole, a due comete precedentemente osservate nel 1531 e nel 1607, da dover essere senza dubbio la stessa cometa, la quale, ciò ammesso, doveva ricomparire verso il 1758.

Coi lavori tecnici di Newton e i calcoli di Halley, la predizione di Seneca

si era avverata: le comete, o almeno alcune di esse, percorrevano orbite regolari. Il loro ritorno poteva essere predetto; esse cessavano di essere delle esistenze accidentali: erano dei veri corpi celesti dall'andamento fisso e regolato. Il meraviglioso scompariva, o, per meglio dire, si trasformava.

Halley calcolò, con grande fatica, che l'azione dei pianeti avrebbe ritardato il prossimo ritorno della cometa, e lo predisse per la fine del 1758 o il principio del 1759. Bisognava, mercè le formule matematiche perfezionate, calcolare esattamente l'epoca di questo ritorno. Clairaut intraprese e compì da maestro la parte algebrica del problema: ma rimaneva il còmpito immenso

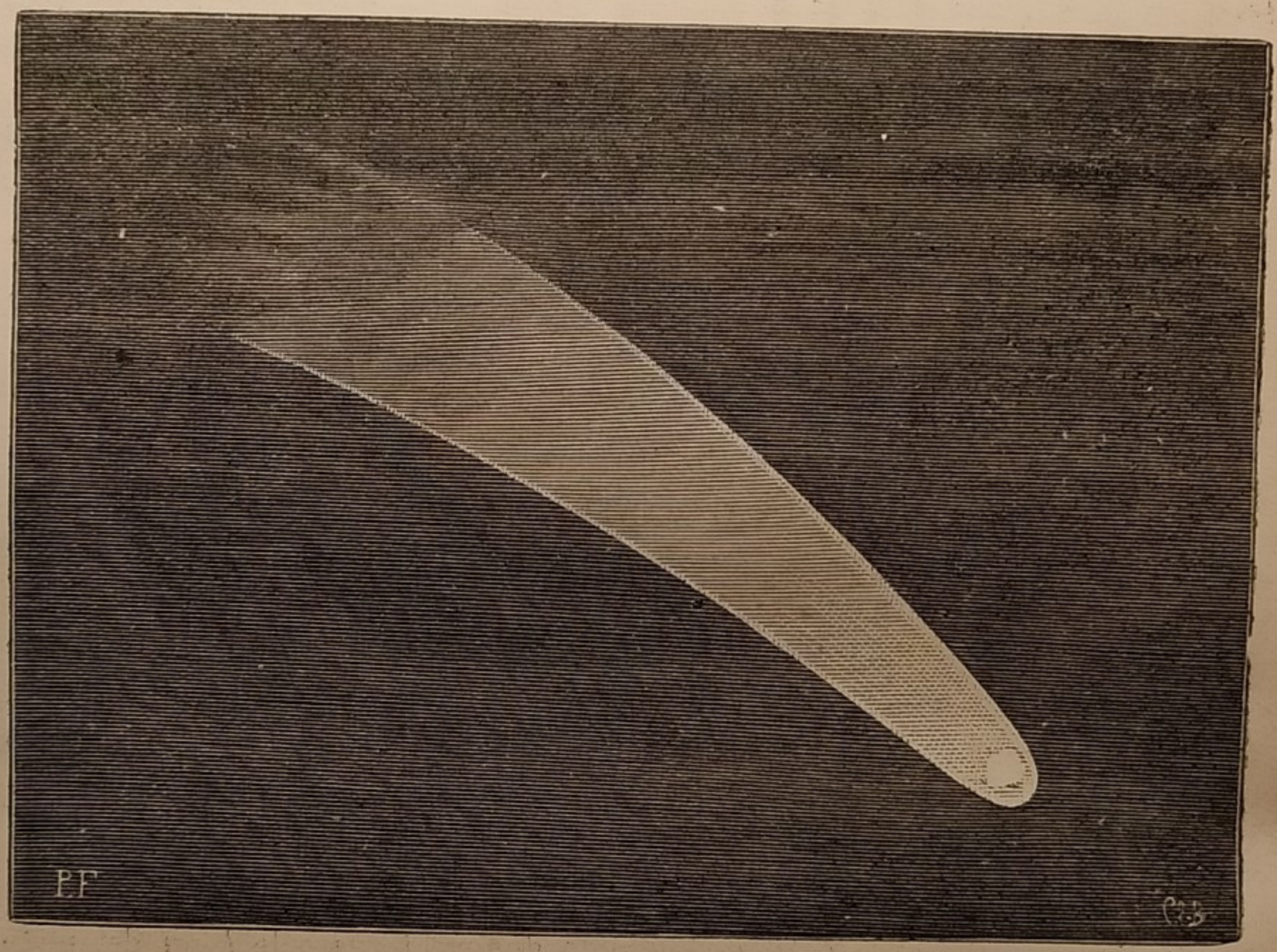


Fig. 269. — La grande cometa del 1811.

di calcolare numericamente le formule. Due calcolatori ebbero questo coraggio: l'astronomo Lalande e la signora Ortensia Lapaute (la quale, fra parentesi, diede il suo nome alla Ortensia, pianta da giardino, portata dall'India dall'astronomo Legentil). Durante sei mesi, concedendosi appena il tempo di mangiare, i due calcolatori voltarono in cifre le formule algebriche di Clairaut. Questi finì il calcolo, trovò che Saturno ritarderebbe il di lei ritorno di 100 giorni, e Giove di 518, in tutto 618 giorni di ritardo, vale a dire, che la sua prossima rivoluzione sarebbe di un anno e otto mesi più lunga della precedente, e che, infine, il suo passaggio al perielio avrebbe luogo verso la metà d'aprile del 1759, più o meno un mese.

Mai predizione scientifica eccitò una curiosità più viva da un capo all'altro d'Europa. *La cometa ricomparve;* essa percorse il cammino annunciato fra le costellazioni! essa passò al suo perielio il 12 marzo 1759, proprio un mese prima appena del giorno indicato. « Noi tutti l'abbiamo osservata — scriveva Lalande — di guisa che è ormai fuori affatto d'ogni dubbio che le comete non siano veramente dei pianeti che girano al paro degli altri intorno al Sole. » — La cometa di Halley, ottemperando alla predizione degli astronomi, aprì una nuova èra all'astronomia cometaria.

« L'universo — scriveva ancora Lalande nel 1759 — vede quest'anno il fenomeno il più soddisfacente che l'astronomia ci abbia mai presentato; avvenimento unico fino a questo giorno: esso cambia i nostri dubbî in certezza e le nostre ipotesi in dimostrazioni. »

Infatti, benchè in ogni tempo i fisici intelligenti avessero sperato il ritorno delle comete, quantunque Newton l'abbia assicurato, e che Halley non abbia osato fissare la data, tutti, persino lo stesso Halley, si affidavano all'avvenimento e alla posterità! Quale differenza fra la loro condizione e la nostra! fra il piacere che gli procurò questa felice congettura e i vantaggi che noi troviamo oggi vedendola verificata! Combinar l'insieme dei fatti che la storia presenta, e cavarne delle conseguenze, questo fu il lavoro di Halley. Vedere queste conseguenze, giustificarle dopo più di cinquant'anni

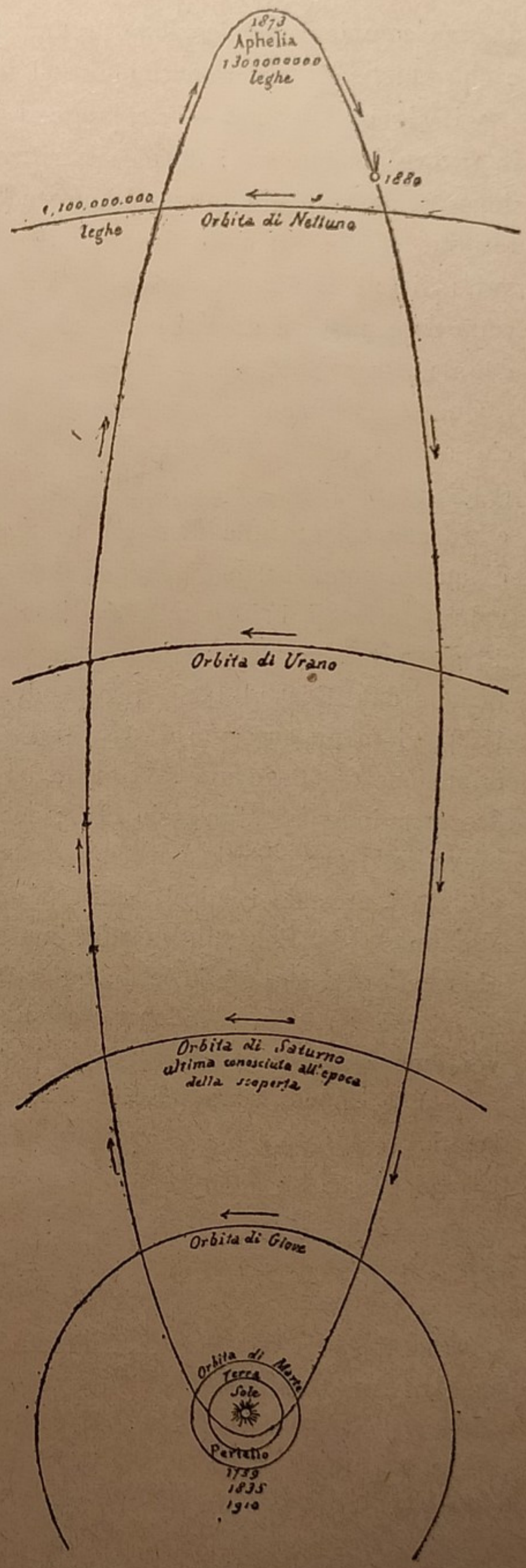


Fig. 270. — Orbita della cometa di Halley.

da una completa verificazione, è una soddisfazione che era riserbata a noi e che nei tempi più remoti i filosofi invidiavano alla posterità.

« Il signor Clairaut — aggiunge Lalande — chiedeva un mese di grazia in favore della teoria; il mese si ritrovò esattamente, e la cometa è venuta. dopo un periodo più lungo del precedente di 586 giorni, 32 giorni innanzi il termine che le era stato fissato; ma che sono mai 32 giorni sopra un intervallo di più di 150 anni, dei quali eransi osservate, grossolanamente, le due centesime parti, e di cui tutto il rimanente si estende fuori della portata della nostra vista? »

Questa predizione era veramente degna di ammirazione. Basta ricordarsi che a quell'epoca l'orbita di Saturno segnava i confini del sistema solare (vedi figura 270), per capire l'ardimento di cui faceva mestieri allora per lanciare una cometa alla distanza a cui si vede correre questa curva. L'orbita di questa cometa è oggi definitivamente determinata. L'astro compie una rivoluzione fra il 1759 e il 1835. Il suo ultimo passaggio al perielio cadde ai 16 di novembre di quest'ultimo anno, ciò che dà 28 006 giorni per la rivoluzione dal 1759 al 1835, invece dei 27 937 che erano decorsi dal 1682 al 1759: vi fu un aumento di 135 giorni, dovuto all'azione di Giove ed una diminuzione di 66 dovuta a Saturno, ad Urano e alla Terra. Il prossimo ritorno dee aver luogo il 24 maggio 1910; dacchè questa rivoluzione deve essere più breve delle precedenti, ossia soltanto di 27 217 giorni, vale a dire, di 74 anni e 6 mesi, secondo i calcoli di Pontécoulant. Dal 1835 al 1873 la cometa si è allontanata dal Sole; in quest'ultimo anno, essa ha raggiunto le tenebre agghiacciate dal suo afelio, e da quest'epoca *essa ha incominciato il suo viaggio di ritorno* verso le splendenti regioni della Terra e del Sole. Noi tutti la rivedremo con piacere nel 1910.

Così le comete sono passate dal dominio della leggenda in quello della realtà.

CAPITOLO II.

Moto delle comete nello spazio. — Orbite cometarie. Comete periodiche attualmente conosciute.

Il primo risultato dell'analisi matematica della trajettoria descritta dalle comete nello spazio fu, come testè abbiamo visto, di mostrare che alcune almeno fra esse girano intorno al Sole, come i pianeti, ma percorrendo una ellisse molto più allungata; e che tutte quelle che vengono a passare abbastanza vicino a noi per essere visibili, sia ad occhio nudo, sia al telescopio, vanno pure a girare intorno al Sole nella parte della loro orbita che noi possiamo osservare; esse se ne allontanano in seguito a distanze più o meno grandi, e forse, per alcune, infinite.

Le belle comete che attirano l'attenzione del pubblico pel loro splendore e la grandiosità della loro forma sono abbastanza rare. Epperò, nel nostro secolo non ve ne furono che diciannove visibili ad occhio nudo, quelle del 1807, 1811, 1812, 1819, 1823 1830, 1835, 1843, 1845, 1847, 1850, 1853, 1858, 1860, 1861, 1862, 1863, 1864, 1874, e in questo numero non furono proprio belle e imponenti che quelle del 1811, 1843, 1858, 1861 e 1862.

Noi studieremo più oltre in dettaglio le più importanti. La loro celebrità dipende sopratutto dall'effetto che producono, allorchè un cielo puro e sereno coincide coll'epoca della loro maggior bellezza, e quando esse appajono la sera, attirando tutti gli sguardi verso la loro misteriosa figura. Una cometa che splendesse prima del levar dal Sole non avrebbe che pochi contemplatori. Fossero pure stupende, come quelle del 1861 e 1862, se esse tengon dietro ad un'apparizione splendida, come quella del 1858, e cessano di esser rare, l'attenzione pubblica non accorda loro che un'occhiata di buona educazione. Un ragazzo trova maravigliosa una cometa ordinaria che per la prima volta gli dà un' idea di queste celesti apparizioni; gli è così che, se è permesso citare un ricordo personale, la cometa del 1853 ha colpito me stesso, allorchè nel mese d'agosto di quell'anno la contemplava dall'alto delle mura dell'antica città dei Lingoni, splendente della sua luce calma nel cielo settentrionale ancora illuminato dal tiepido chiarore del crepuscolo estivo. Ne avevo ben anco disegnato l'aspetto senza sospettare che nell'avvenire quel piccolo

disegno potesse aver l'onore della pubblicità. (Il mio professore di sesta, mi apprese quella sera che il vocabolo cometa deriva dal latino *coma* capigliatura.)

Quattro caratteri essenziali distinguono le comete dai pianeti: 1.° il loro aspetto nebuloso e le loro code spesso considerevoli; 2.° l'estensione delle orbite ellittiche che esse percorrono; 3.° l'inclinazione di queste orbite, che, invece di essere disposte nel piano dell'eclittica, o per lo meno nello zodiaco, come quelle dei pianeti in generale, sono inclinate sotto tutti i gradi, fino all'angolo retto, e portano le comete fino alle costellazioni polari; 4.° la direzione dei loro moti orbitali i quali invece di compiersi nello stesso verso di quello dei pianeti sono, alcuni diretti, altri retrogradi, e sembrano sottrarsi a qualunque unità di piano. Da queste circostanze emerge la certezza che le comete non hanno la stessa origine dei pianeti, ch'esse non appartengono originariamente al sistema solare, che viaggiano attraverso l'immensità, che possono trasportarsi da un sole all'altro e che quelle che girano intorno al nostro, sono state colte al loro passaggio dalla sua attrazione, in modo che la loro orbita venne a trovarsi vincolata al sistema planetario.

Fig. 271. — La cometa del 1853.

Qualunque cometa consta ordinariamente di un punto più o meno brillante circondato da una nebulosità che si estende, sotto forma di pennacchio luminoso, in una direzione particolare. Il punto brillante chiamasi *nucleo* della cometa; il pennacchio luminoso che accompagna quel nucleo dicesi *coda*, e la porzione di nebulosità che circonda immediatamente il nucleo, astrazion fatta della coda, si chiama *chioma*. All'insieme del nucleo e della chioma si dà il nome di *testa*.

Le comete non si presentano tutte sotto la forma poco fa descritta. Se ne vedono di quelle che sono accompagnate da parecchie code. Altre hanno un nucleo e una chioma senza coda. Ve n'ha anche che mancano assolutamente di chioma, di guisa che presentano il medesimo aspetto dei pianeti coi quali è facile a tutta prima confonderle. (Il pianeta Urano, scoperto nel 1781, e Cerere, scoperta nel 1801, furono, siccome fu visto più indietro, scambiati qualche tempo per comete.) Finalmente se ne veggono anche ta-

lune che risultano unicamente di una nebulosità, senza alcuna apparenza di nucleo.

Certe comete si videro accompagnate da code che si estendevano sopra una lunghezza eguale al quarto, al terzo, alla metà persino della sfera celeste visibile; tali sono quelle del 1843, 1680, 1769, 1610. Nel 1744 fu veduta una *cometa da sei code;* ognuna di queste code aveva una lunghezza da 30 a 40 gradi; l'insieme delle sei code occupava in larghezza uno spazio di circa 44 gradi. Ma i varî esempî qui citati non sono che eccezioni; il più delle volte le comete hanno dimensioni molto più modeste.

Questi pennacchi o strascichi cometici sembrano ordinariamente rettilinei, o per lo meno, per giuoco di prospettiva, pajono diretti secondo archi di circoli massimi della sfera celeste. Se ne citano però alcune che si sono presentate con un aspetto differente. Così, nel 1689 venne veduta una cometa la cui coda, al dire degli storici, era curva come una sciabola turca; questa coda aveva un' estensione totale di 68 gradi. Lo stesso può dirsi della bella cometa di Donati, che tutti ammirarono nel 1858, e la cui coda aveva una curvatura marcatissima.

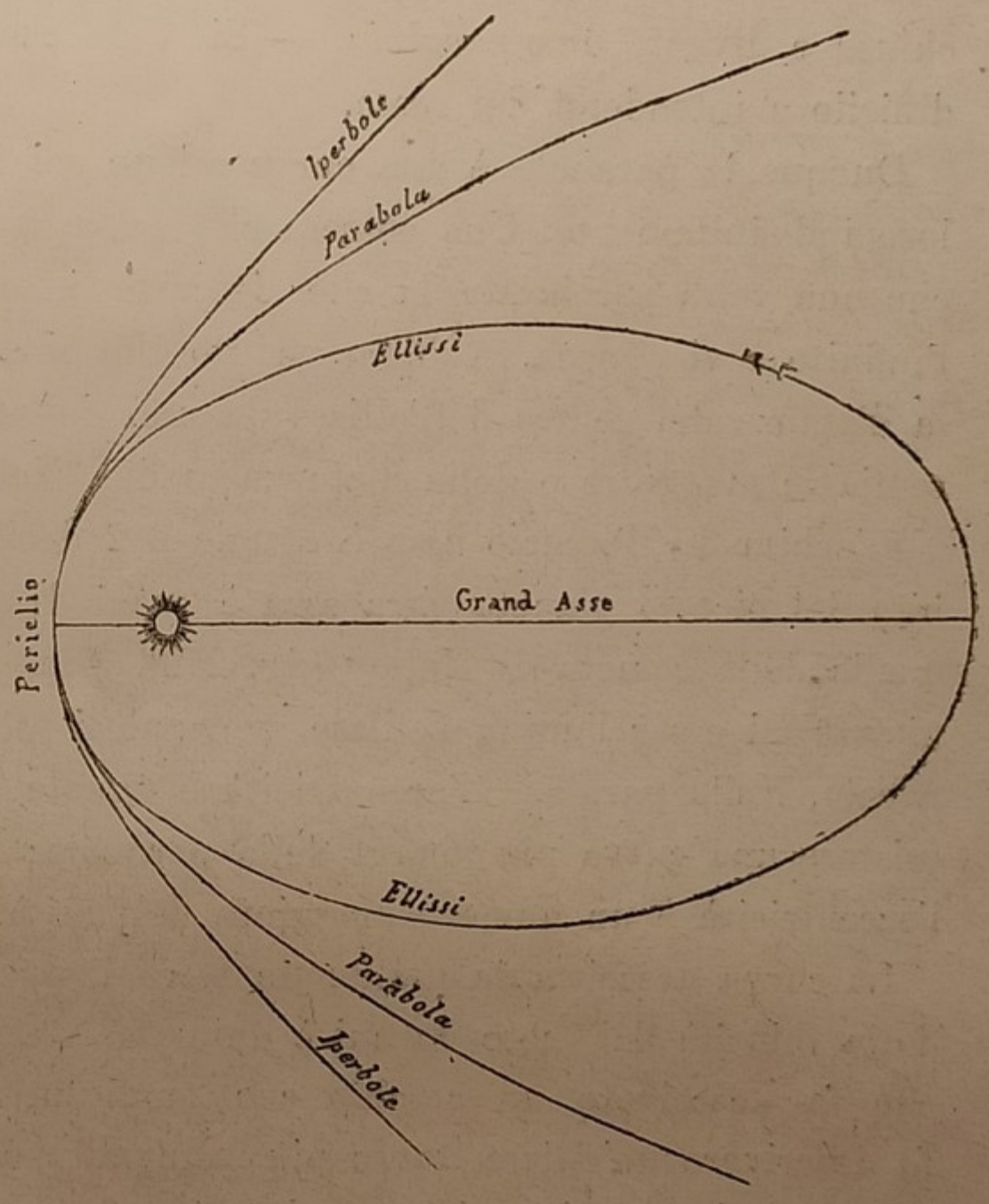


Fig. 272. — Forme delle orbite cometarie

Una cometa non può essere osservata che per un tempo limitato. Dapprima la si scorge in una regione del cielo ove non si era veduto nulla nei giorni precedenti. L'indomani, il dì susseguente, si può vederla di nuovo: ma essa ha sensibilmente mutato posto fra le costellazioni. Si può seguirla così in cielo durante un certo numero di giorni, qualche volta anche per parecchî mesi, poi si cessa di scorgerla. Spesso si perde la cometa di vista perchè si avvicina al Sole dalla cui viva luce viene ad esser eclissata completamente; ma in breve la si rivede dall'altra banda del Sole, e non è che alcun tempo dopo che scompare definitivamente.

Per potersi rendere un conto esatto del moto delle comete, è mestieri farsi una

idea ben chiara della curva che dicesi *parabola*. Noi abbiamo dato molto più indietro (pagina 34), la definizione dell'ellisse. Supponiamo che, lasciando il foco di sinistra (F', fig. 17), o il vicino vertice A' immobili, noi allontaniamo il foco F verso la destra lungo l'asse prolungato; noi tracceremo allora delle ellissi sempre più allungate che abbracceranno la prima e si estenderanno tutte verso la diritta, sempre più lontano. Supponiamo questo secondo foco allontanato sino all'infinito; è un'astrazione che il calcolo permette di realizzare; in questo caso la nostra ellisse non ha più che un sol foco, i suoi due rami si apriranno per non riunirsi più; essa cessa di esistere come ellisse chiusa e diventa una *parabola*. — Si vede che questa definizione non è più difficile a intendersi del resto.

Dunque la parabola è una curva ad un sol foco, i cui rami si scostano fra loro indefinitamente. Una cometa che segue una parabola non passa dunque che una volta per la strada che descrive intorno al Sole; essa giunge dall'infinito e vi ritorna. Abbiam veduto che si chiama *eccentricità* di una ellisse la distanza del centro dell'ellisse da uno de' suoi fochi, espressa in parti del semiasse maggiore o della distanza media. Nel cerchio l'eccentricità è nulla. Nell'orbita di Mercurio essa è eguale a 2 decimi (fig. 196, pag. 413). Nell'orbita del piccolo pianeta Etra essa è quasi di 4 decimi (fig. 223, pag. 489). In quella della cometa di Halley (fig. 270), essa oltrepassa i 9 decimi. Allorchè giunge ad esser l'unità, l'ellisse, trovandosi allungata all'infinito, diventa parabola. Nella parabola l'eccentricità è uguale ad 1. Finalmente, può ancora esistere una curva più aperta della parabola; la si chiama *iperbole;* in questa l'eccentricità è un numero maggiore dell'unità.

La curva descritta da qualunque astro intorno al foco che lo attrae dipende dalla velocità del moto da cui è animato. Chiamasi velocità circolare quella che fa descrivere un cerchio con moto uniforme. Una velocità maggiore fa descrivere un'ellisse, tanto più allungata quanto più grande è questa velocità; se la velocità giunge ad oltrepassare la velocità circolare nel rapporto di 1000 a 1414 (il che si esprime con $V \times \sqrt{2}$) l'ellisse diventa una parabola. Un astro che si trova animato da una velocità parabolica all'istante in cui, toccando la sua minima distanza dal Sole, passa il perielio, è un astro che viene dall'infinito e vi ritorna. Una velocità ancora più grande produce un'iperbole.

Queste spiegazioni erano *indispensabili* per una seria conoscenza dei moti delle comete. Io non potrei qui imitare quell' accademico, il quale, per provare una verità matematica, si accontentava di darne la sua parola d'onore, perchè l'intelligenza del suo allievo non era tale da capire la dimostrazione. Questo allievo era il duca d'Angoulême, ed oso sperare che i miei lettori gli sieno qualche poco superiori a questo riguardo. Si sa che quando fu nomi-

nato gran mastro della marina, si venne con stupore a conoscere che sapeva appena contare fino a cento. Immediatamente il più celebre geometra di Francia fu chiamato per istruirlo *nelle matematiche*. Ma indarno tentò egli di dimostrare i principî più elementari al suo augusto discepolo. Questi lo ascoltava con garbata deferenza, ma scuotendo la testa con una gentile aria d'incredulità.

Un giorno, a stremo di argomenti, il povero maestro esclamò:

— Monsignore, ve ne do la mia parola!

— Ma perchè non dirlo prima! Signore, rispose il duca inchinandosi, non mi permetterò mai di dubitarne.

Per noi una dimostrazione val meglio di un'affermazione. Sopratutto nel caso attuale, il moto delle comete essendo abbastanza difficile ad afferrarsi, importa ben concepirlo dal punto di vista geometrico e meccanico. Abbiam visto or ora la differenza che corre fra l'ellisse, la parabola e l'iperbole. Aggiungiamo che nella regione celeste in cui noi osserviamo le comete, vale a dire nelle vicinanze della Terra, la porzione della curva che noi possiamo tracciare dietro l'osservazione diretta delle posizioni della cometa è appunto quella che può essere interpretata in due modi, come si può vedere sulla figura 273, nella quale il tratto pieno di ciascuna curva rappresenta la parte visibile dell'orbita della cometa, rimanendo questa invisibile lungo la linea punteggiata. La natura dell'orbita si può determinare dalla velocità del moto. Abbiamo già veduto (pag. 179), che un projettile lanciato dalla Terra con una velocità di 11 300 metri al secondo (fatta astrazione della resistenza dell'aria), non ricadrebbe più sulla Terra, perchè quella sarebbe una velocità parabolica relativamente alla velocità circolare (8000 metri) che farebbe girare quel corpo come satellite intorno a noi; il projettile si allontanerebbe dalla Terra per sempre. Abbiamo anche veduto che se la velocità del nostro pianeta nella sua orbita fosse accresciuta nello stesso rapporto di 1000 a 1414, e fosse di 41 630 metri al secondo invece che di 29 450, noi abbandoneremmo parabolicamente per sempre il benefico focolajo di calore e di luce intorno a cui gravitiamo. Allorchè dunque noi vediamo nelle nostre regioni una cometa che si avanza nello spazio con questa velocità, noi sappiamo ch'essa descrive una parabola. Ora, nella maggior parte dei casi, la velocità delle comete è precisamente di quest'ordine, di guisa che bene spesso si può pensare che esse non torneranno più, o che percorrono delle ellissi tanto allungate da non poter far ritorno che fra migliaja di anni.

Si possono considerare le comete come piccole nebulose erranti da sistema a sistema, formate dalla condensazione della materia nebulosa sparsa con tanta profusione nell'universo. Allorchè questi astri cominciano a diventarci visibili, offrono una così perfetta rassomiglianza colle nebulose, che sovente si

confondono con esse, e non si giunge a riconoscerle, se non confrontandone la posizione con quelle delle vere nebulose registrate nelle carte, esistenti nella plaga di cielo in cui esse appajono, e seguendone i movimenti. Imaginiamoci un leggiero ammasso di materia nebulosa che viaggia nello spazio al di là del sistema solare; sia per la direzione del suo moto proprio, sia a motivo della traslazione del sistema solare attraverso l'immensità, quella nebulosa subisce l'influenza della forza attrattiva del nostro Sole e da quel momento si dirige verso di questo. Se il Sole non fosse attorniato dai pianeti, oppure se questi fossero immobili, la nostra cometa camminerebbe regolarmente aumentando progressivamente di velocità, girerebbe intorno al nostro foco seguendo un'orbita parabolica, e la velocità ch'essa acquisterebbe avvicinandosi al Sole sarebbe giusto bastevole per rimandarla nell'infinito seguendo un secondo ramo di parabola simmetrico al primo. Ma, a cagione del moto dei pianeti nelle loro orbite, la cometa prova un mutamento di velocità passando ad una certa distanza da essi, accelerando o ritardando secondo la strada che percorre.

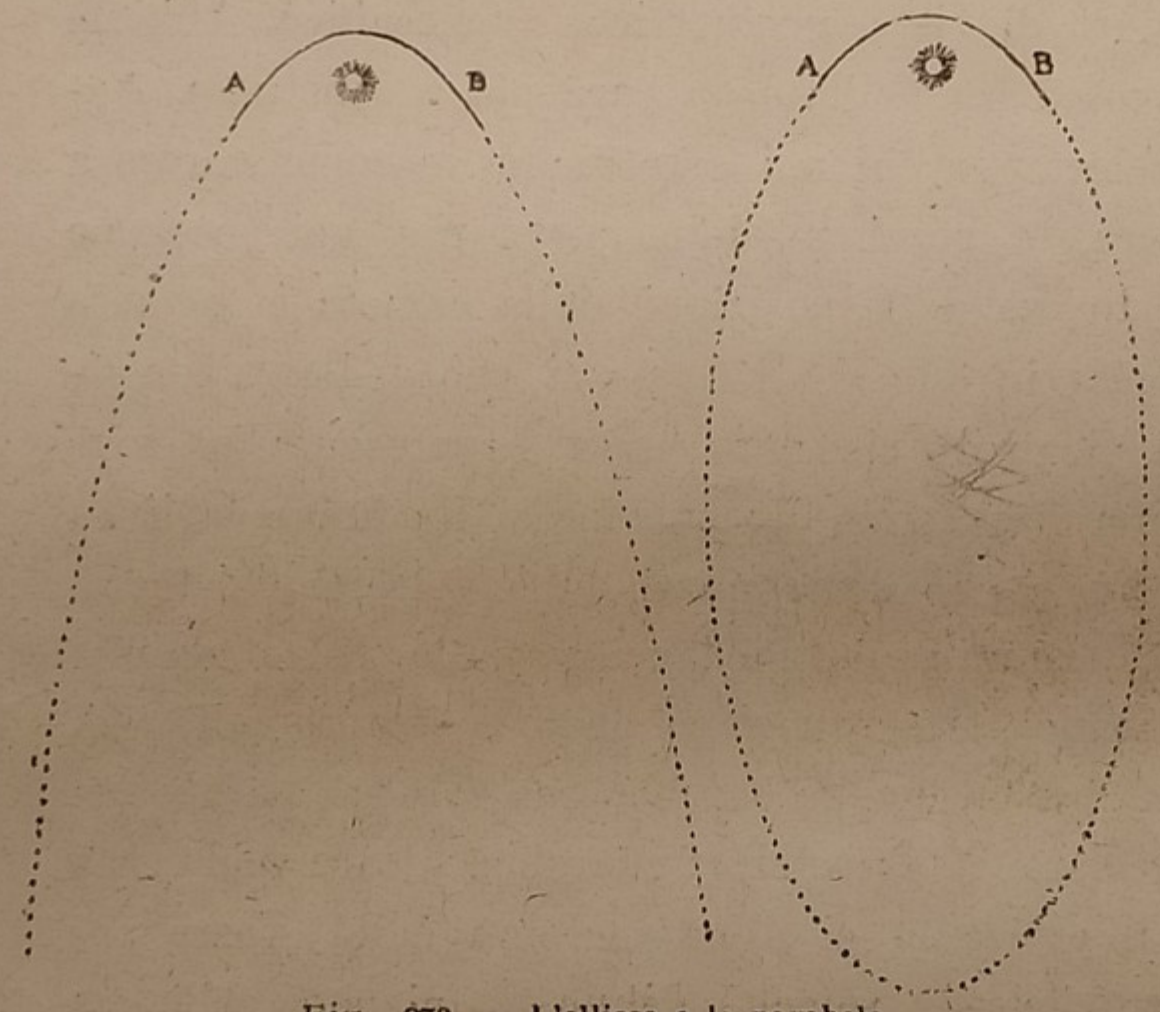


Fig. 273. — L'ellisse e la parabola.

Se le accelerazioni totali prodotte da tutti i pianeti sorpassano i ritardi, la cometa abbandonerà il nostro sistema con una velocità maggiore della parabolica, e non ritornerà *mai più,* quando pure sussistesse per tutta l'eternità. Se le forze ritardatrici sono invece in eccesso l'orbita ne verrà mutata in una ellisse più o meno allungata, a seconda della misura di quell'eccesso. Un pianeta come Giove, per esempio, che sembra spiarle come una preda, può trasformare l'orbita in un'ellisse di corto periodo e fare della cometa un membro permanente del nostro sistema.

Allorchè una cometa appare improvvisamente in cielo, si odono spesso dei galantuomini accusar gli astronomi di aver mancato al proprio dovere non avendola annunziata, e farne pretesto per emettere dei dubbî serî sul valore delle teorie astronomiche. Questa brava gente (tra la quale contansi parecchî giornalisti) non dimostrano con ciò che una cosa chiarissima, ed è che non sanno bene quello che dicono o che scrivono. Da quanto abbiamo veduto, le

comete essendo straniere al nostro mondo, non si può predire il ritorno se non di quelle che percorrono intorno al Sole un'orbita chiusa di cui sieno stati calcolati gli elementi in base ad uno o più passaggi anteriori in vista della Terra.

Sulla totalità delle comete osservate, non se ne conoscono ancora che dieci la cui periodicità sia stata verificata. Sono, in ordine di data: la cometa di Halley, la cui periodicità fu annunciata nel 1704 e verificata nel 1759 e 1835; — quella di Encke, annunziata come periodica nel 1819 e come tale accertata di poi ogni tre anni, giacchè la sua rivoluzione è brevissima; — quella

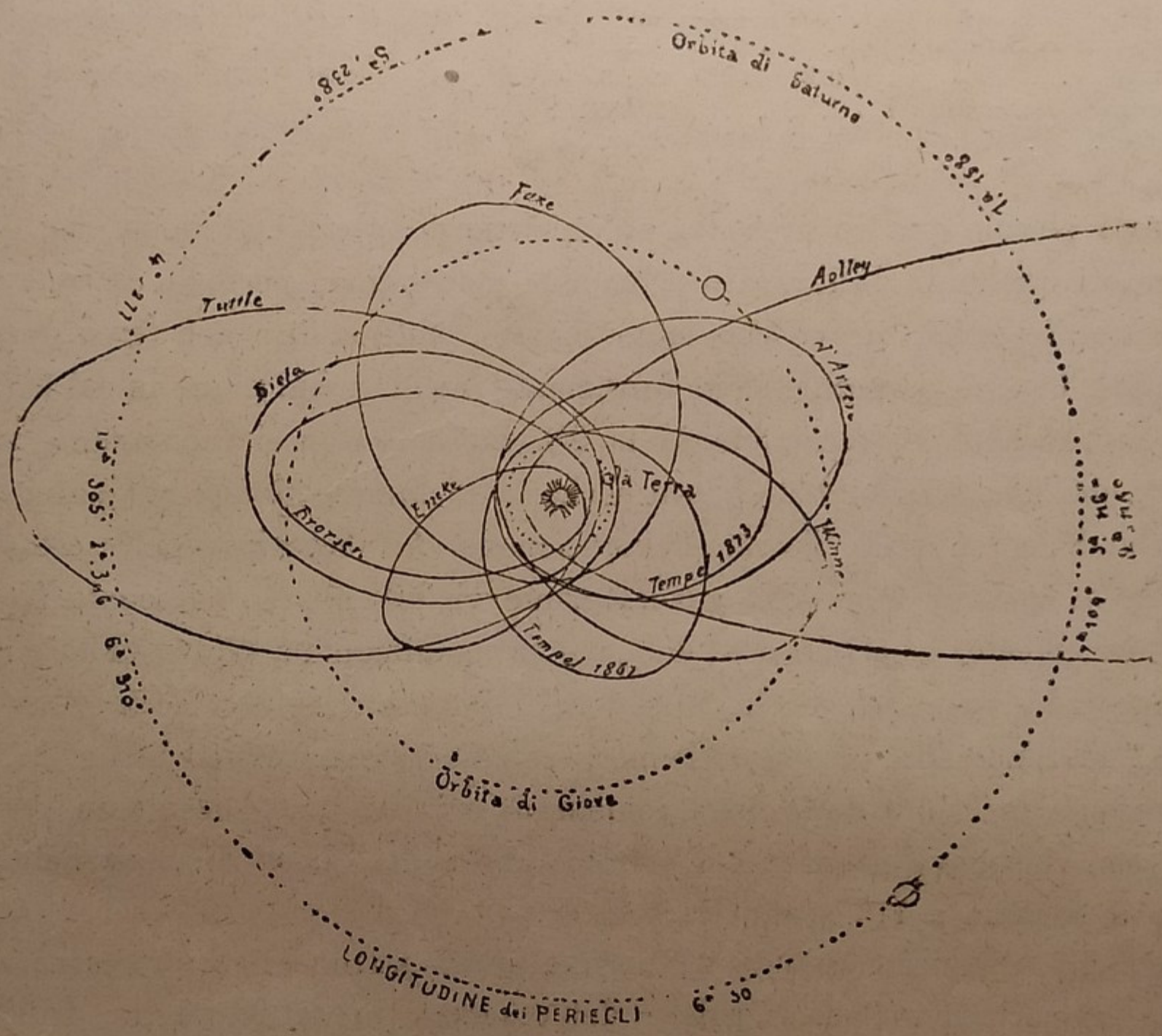


Fig. 274. — Orbite delle dieci comete periodiche di cui fu osservato il ritorno.

di Biela, calcolata nel 1826 e che è tornata ogni sei anni e mezzo, fino al 1852; — quella di Faye, calcolata nel 1843 e che torna regolarmente ogni sette anni; — quella di Brorsen, calcolata nel 1846 e che torna regolarmente ogni quinquennio; — quella di d'Arrest, calcolata nel 1851 e che ogni sei anni e mezzo ritorna; — quella di Winnecke, calcolata nel 1858 e che ha un periodo di cinque anni e mezzo; — quella di Tuttle, calcolata lo stesso anno e che è tornata nel 1872; e due comete scoperte da Tempel nel 1867 e 1873, calcolate in quegli anni stessi, e il cui periodo è di cinque anni circa.

Ecco gli elementi di queste comete disposte secondo l'ordine della durata della loro rivoluzione intorno al Sole.

N.°	Nomi	Moto	Periodo	DISTANZE		Eccen-	Inclina-	Calcolo	Ultimo passaggio	Long.
		diretto	anni	perielia	afelia	tricità	zione	nel	osservato	perielio
1.	Encke . . .	»	3,287	0,333	4,088	0,849	13°	1819	1878, maggio 20	158°
2.	Tempel, 1873.	»	5,200	1,339	4,664	0,544	13	1873	1878, settembre 7.	306
3.	Brorsen . .	»	5,462	0,590	5,613	0,810	29	1846	1879, marzo 30.	116
4.	Winnecke .	»	5,727	0,829	5,573	0,741	11	1858	1875, marzo 12,	277
	Distanza di Giove.				5,203					
5.	Tempel, 1867	»	5,971	1,769	4,808	0,462	10	1867	1879, febbrajo 6.	238
6.	D'Arrest . .	»	6,644	1,318	5,765	0,628	16	1851	1877, maggio 10.	319
7.	Biela . . .	»	6,587	0,860	6,167	0,755	13	1826	1852, settembre 23.	109
8.	Faye . . .	»	7,412	1,682	5,920	0,557	11	1843	1873, luglio 18.	50
	Distanza di Saturno				9,539					
9.	Tuttle . . .	»	13,81	1,030	19,483	0,821	54	1858	1871, novembre 30.	116
	Distanza di Nettuno				30,055					
10.	Halley. . .	Retrogr.	76,37	0,589	35,411	0,967	18	1704	1835, novembre 15	305

Questo piccolo quadro presenta un'importanza speciale. Si vede che, ad eccezione di quella di Halley, tutte le comete sono a corto periodo, da tre a meno di quattordici anni, girano con moto diretto, vale a dire nel verso dei moti planetarî, benchè parecchie sieno fortemente inclinate sul piano in cui la Terra gira intorno al Sole (specialmente la 9ª), che esse non si allontanano, tranne la 10ª, che fino all'orbita di Giove e che, sul numero totale, cinque si accostano al Sole più della Terra, e cinque meno. Ad eccezione della cometa di Halley, questi astri non sono generalmente visibili che al telescopio. Su queste dieci comete, le prime otto debbono probabilmente a Giove la loro introduzione nel sistema solare; la 9ª la deve a Saturno; la 10ª a Nettuno. Si completerà la conoscenza esatta dei moti cometarî, esaminando la fig. 273 che rappresenta le orbite delle dieci comete di cui parliamo, designate ciascuna nella sua rispettiva posizione. È curioso che sopra questi dieci astri due abbiano il perielio a 116° e due verso 305°.

Parecchie di queste comete hanno una storia astronomica interessante. La prima, scoperta da Pons, portiere dell'osservatorio di Marsiglia, il 26 novembre 1818, fu trovata identica a quelle del 1786, 1795 e 1815, in seguito ai calcoli dell'astronomo Encke di Berlino, il quale mostrò che quelle non erano che una sola e stessa cometa la cui rivoluzione non era che di tre anni e 106 giorni, ovvero 1212 giorni circa. Questa durata varia di parecchî giorni a seconda delle perturbazioni dei pianeti. Dopo il 1818, questo astro telescopico è sempre tornato puntualmente al ritrovo; ma, strano a notarsi, ad ognuna delle sue rivoluzioni v'ha una lieve diminuzione del periodo di un decimo di giorno, o di circa due ore e mezzo. Alla fine del secolo scorso, questo periodo era di presso che 1213 giorni; esso era di 1212 nel 1818, di 1211 nel 1838, di 1210 nel 1858, ed oggi è di 1209, fatta la debita correzione per la perturbazione dei grandi pianeti. A qual causa è dovuta questa diminuzione? Se

continuasse, la cometa andrebbe progressivamente avvicinandosi al Sole, secondo una spirale sempre più stretta, e finirebbe col cadervi e abbruciarvisi. È questa forse, del resto, la sorte di un gran numero di comete. Si è supposto che il mezzo interplanetario, l'etere, che serve di veicolo alla trasmissione delle onde luminose, possa presentare una certa resistenza al moto di corpi nebulosi così leggieri come le comete, e cagionare per tale modo il ritardo osservato. Ma v'è una objezione, ed è che le altre comete a breve periodo non danno indizio di un ritardo analogo.

Pare a me che l'influenza dei piccoli pianeti, nella zona attraversata dalla cometa durante due anni su tre, possa per avventura non essere nulla e spiegare il citato ritardo.

Questa cometa presenta l'apparenza di una nebulosità, accompagnata da un debole pennacchio; fu visibile ad occhio nudo, come una stella di 6ª grandezza, incerta e sfumata, nel 1828, nel 1838 e nel 1847. Si tentò di valutarne la massa ma essa non esercita nessuna influenza sui pianeti, ed è essa, all'incontro, che è disturbata dalla loro azione. È dessa così diafana che vi si travedono le stelle. Tuttavia, a ragione dell' intensità della luce solare che essa riflette, si può argomentare che questa massa non sia totalmente insignificante, e il signor Roche l'ha ben anche valutata un millesimo di quella della Terra. Problema aperto.

La settima delle nostre comete periodiche è ancor più singolare. Fu scoperta il 27 febbrajo 1827 da Biela, e dieci giorni dopo a Marsiglia da Gambart che ne calcolò gli elementi e riconobbe ch'essa era tutt' una cosa con quella del 1772 e del 1805; ritornò sei anni e mezzo dopo nel 1832, e fu l'annuncio di questo ritorno che cagionò nel pubblico la paura di cui abbiamo fatto parola nel capitolo che precede. Essa infatti tagliò, come abbiam visto, il piano dell'orbita terrestre, alla rispettabile distanza di venti milioni di leghe dalla nostra umanità; ma se alcuno ebbe motivo di temere, anzi che noi fu dessa che fu assai perturbata nel suo cammino. Essa ritornò nel 1839, ma in condizioni non abbastanza favorevoli per essere osservata, nel mese di luglio, durante i giorni più lunghi e in troppa vicinanza del Sole. La si vide nel 1845, dapprima il 25 novembre, al posto che il calcolo le assegnava, e la si seguiva tranquillamente: tutto andava con generale soddisfazione, allorchè — spettacolo inatteso! — il 13 gennajo 1846, *la cometa si spezzò in due!*... Che cosa era accaduto in seno ad essa? Perchè quella scissione? Quale era la causa di un siffatto cataclisma celeste? Lo si ignora; ma il fatto è, che invece di una cometa, dopo d'allora se ne videro due, le quali continuarono a viaggiare di conserva nello spazio come sorelle gemelle, presentando l'aspetto di due comete perfette, aventi ciascuna il suo nucleo, la sua testa e la sua coda, e che lentamente andavano scostandosi fra di loro: il 10 febbrajo v'erano già

sessantamila leghe di spostamento fra esse. Parevano tuttavia separarsi a malincuore e per parecchî giorni si vide come una specie di ponte gettato fra di loro. La coppia cometaria allontanandosi dalla Terra sparve bentosto nella notte infinita.

Essa ritornò in vista della nostra umanità al mese di settembre del 1852; il 26 di questo mese, le due gemelle ricomparvero, ma molto più lontane l'una dall'altra, separate da un intervallo di cinquemila leghe.

Ma non è questo ancora il fatto più singolare che quest'astro bizzarro serbava all'attenzione degli astronomi. La catastrofe del 1846 non era che un presagio della sorte che l'aspettava, giacchè a nulla valse il dissimularlo quanto più a lungo si è potuto: la verità è che oggi *questa cometa è perduta;* dal 1852 in poi tutte le ricerche fatte per rintracciarla sono state infruttuose; a norma del suo moto ellittico essa avrebbe dovuto tornare in vista della Terra nel 1859, nel 1866, 1872 e 1877: essa non è certamente tornata. L'osservatore in vedetta sulla strada della cometa si trova oggi nello stesso imbarazzo di un capostazione che non vede giungere il convoglio annunziato; in questo caso la guardia eccentrica può errare, o il capotreno ritardare, ma la cometa non deve, non può sbagliarsi. Bisogna dunque che un grave accidente le sia acduto, accidente gravissimo per essa, poichè non esiste più.

Un accidente analogo a questo è sopravvenuto nel 1779 alla cometa di Lexell; ma qui la causa è conosciuta; essa si è sviata verso Giove come un pipistrello che va a dare il capo in un muro. Questa cometa osservata nel 1770, si muoveva in una ellisse e doveva ricomparire nel 1784, ma doveva talmente avvicinarsi a Giove che si temeva per la sua sorte. Questi timori non erano guari esagerati: l'attrazione del gigantesco pianeta, avendo fortemente allargato il ramo dell'ellisse ch'essa percorreva, ha precisamente fatto l'ufficio della guardia eccentrica sulla ferrovia: esso l'ha diretta sopra un'altra linea, e l'ha, non precisamente *perduta*, ma *fuorviata*. Ciò è meno grave della catastrofe precedente. Questa indiscreta o maldestra cometa era del resto proprio destinata a subire presto o tardi una simile sorte; il 28 giugno 1770 essa si era avvicinata alla Terra appena sei volte la distanza della Luna, ed andò a rischio di attraversare due volte, nel 1767 e nel 1779 il sistema dei quattro satelliti di Giove. Un'altra cometa che sembrava fuori d'ogni dubbio periodica, quella scoperta a Roma nel 1844 dal signor De Vico, e che doveva tornare negli anni 1850, 1855, 1861, 1866, ecc., non ha più dato d'allora in poi sue notizie.

Ma la cometa di Biela non ha potuto incontrare sul suo cammino nè Giove, nè alcun altro pianeta; tutt'al più avrebbe potuto investire passando alcuno dei piccoli pianeti, ma è cosa quasi impossibile, e d'altra parte questi planetoidi sono essi stessi tanto leggieri, come abbiamo visto, che non le avrebbero impedito di proseguire il proprio cammino.

L'essere perduta è cosa interessante, sopratutto per una cometa, ma non lo era per avventura abbastanza, giacchè essa ci riserbava una sorpresa ancor più completa. La sua orbita interseca l'orbita terrestre nel punto per cui passa la Terra il 27 novembre Ebbene! non si pensava già più a lei, ognuno aveva messo il cuore in pace, quando la sera del 27 novembre 1877 ci cadde dal cielo una vera *pioggia di stelle filanti;* l'espressione non è esagerata; esse cadevano a larghe falde, le linee di fuoco sfilavano quasi perpendicolarmente in folla e a rovescî; qui dei globi abbaglianti di luce, là delle esplosioni silenziose rendevano all'occhio l'effetto di quelle delle granate de' fuochi artificiali... e siffatta pioggia durò da 7 ore della sera fino ad un'ora del mattino, il massimo fu verso le 9 ore: all'Osservatorio del Collegio Romano se ne contarono 13 892, a Moncalieri 33 400, in Inghilterra un solo osservatore ne contò 10 579, ecc. Il numero totale fu valutato a *centosessantamila*. Esse provenivano

Fig. 275. — Biscissione della cometa nel 1846.

tutte dallo stesso punto del cielo, situato presso la bella stella Gamma di Andromeda.

Quella sera lì, io mi trovava a Roma, nel quartiere della villa Medici, e col vantaggio di un verone prospiciente mezzodì. Quella meravigliosa pioggia di stelle è caduta dinanzi ai miei occhî, per così dire, ed ho l'eterno rammarico di non averli aperti per contemplarla. Essendo convalescente in seguito a febbre di malaria, avevo dovuto ritirarmi immediatamente dopo il tramonto del sole, che quella sera era parso, dall'alto del Colosseo, addormentarsi in un letto di porpora e d'oro. Voi capirete facilmente, amico lettore, qual rammarico ho provato il domani mattina allorchè, recatomi all'Osservatorio, il P. Secchi mi partecipò l'avvenimento! Com'era accaduto ch'egli l'avesse potuto osservare? Pel più fortunato dei casi un suo amico, vedendo

piovere le stelle, salì a chiedergli la spiegazione di siffatto fenomeno. Erano allora 7^h 30^m. Lo spettacolo era incominciato, ma era ancor ben lontano dal suo termine, e l'illustre astronomo potè contemplare la meravigliosa pioggia di circa *quattordicimila* meteore.

Questo fatto fece gran rumore a Roma, e il papa stesso non vi rimase indifferente: giacchè, alcuni giorni dopo, avendo avuto l'onore di un'udienza al Vaticano, le prime parole che Pio IX mi rivolse furono queste: *Avete veduto la pioggia di Danae?* Avevo ammirato alcuni dì prima, a Roma appunto, delle stupende *Danai,* dipinte dai grandi maestri della scuola italiana in un costume che nulla lasciava a desiderare; ma non avevo avuto il privilegio di trovarmi sotto la cupola del cielo durante questa nuova pioggia celeste, più bella ancora di quella di Giove.

Che cosa era quella pioggia di stelle? Evidentemente, e ciò non fa ombra di dubbio, l'incontro della Terra con miriadi di corpuscoli moventesi nello spazio lungo l'orbita della cometa di Biela. La cometa stessa, se fosse esistita ancora, sarebbe passata di lì dodici settimane prima. Non è dunque, rigorosamente parlando, la cometa stessa che noi abbiamo incontrato, ma forse una frazione delle sue membra scomposte, le quali, dopo la scissione della cometa accaduta nel 1846 si saranno disperse lungo la sua orbita all'indietro della testa della cometa (1).

Tale è la storia di questo astro singolare. Il fatto della scissione di una cometa in due o più parti, benchè raro, non è però unico nella storia. Lo storico greco Eforo riferisce che nel 371 avanti Cristo, una cometa sarebbesi divisa in due astri seguenti ciascuno una strada diversa. Seneca attribuiva questa notizia ad un errore, ma Keplero, miglior giudice in simil materia, fece notare che un tal fatto nulla aveva di impossibile, e che una scissione consimile si verificò nella seconda cometa nel 1618. Ecco dunque tre fatti analoghi osservati. Gli astronomi chinesi hanno registrato nei loro annali tre comete accoppiate che apparvero nell'896 e percorsero di conserva le loro orbite. Il nucleo della cometa del 1652 si divise in quattro o cinque parti che mostravano una densità alquanto maggiore del rimanente della cometa, ed analoghe osservazioni sono state fatte sulle comete del 1661 e 1664. Si sono distinti quattro nuclei, quattro centri di condensazione della cometa di Brorsen (la 3ª delle nostre comete periodiche) il 14 maggio 1868. La cometa del 1860 è stata veduta perfettamente doppia al Brasile dal signor Liais, ed, all'istante

---

(1) Un astronomo tedesco, Klinkerfuss, ha creduto che la cometa stessa avesse incontrato la Terra, e spedì dall'altra parte del globo, a Mandras, un dispaccio così concepito: « *Biela incontrato Terra il 27: cercate presso Theta Centauro.* » L'astronomo di Mandras, il signor Pogson, cercò al posto indicato e vi trovò effettivamente una cometa, ma il cattivo tempo impedì di osservarla; non si è dunque potuto risaper nulla di essa che valesse a completare la storia precedente.

in cui sparve, il nucleo della principale offriva tre centri di addensamento. Consta dunque realmente che le comete possono scindersi in parecchie parti, che esse possono ben anche spezzarsi in frammenti piccolissimi, e che le stelle cadenti possono rappresentarne i residui.

A queste comete, di cui fu osservato il ritorno, noi dobbiamo ora aggiungere come comete periodiche quelle alle quali il calcolo dà per orbite delle ellissi più o meno allungate. Tuttavia esse non sono tanto sicure quanto le precedenti, perocchè se anche una cometa regolare può perdersi o sparire, a più forte ragione simil destino è da temersi per quelle la cui orbita non fu supputata che dietro il semplice esame della breve porzione di ellisse vicina al Sole e che si confonde tanto facilmente colla parabola. Ciò nondimeno le seguenti furono calcolate:

COMETE PERIODICHE DI CUI NON FU NOTATO IL RITORNO.

Comete	Rivoluzioni	Distanza afelia	Ritorno probabile nel
Quella del 1866	33 a. 64 g.	19	1899
La 1ª del 1867	33 » 228 »	19	1900
Distanza di Urano		19	
La 1ª del 1846	55 »	28	1902
La 2ª del 1873	55 »	29	1928
Distanza di Nettuno . . .		30	
II. 1852	69 »	32	1922
1812	71 »	33	1882
III. 1846	73 »	34	1919
1815	74 »	34	1887
V. 1847	75 »	35	1922
III. 1862	121 »	49	1983
1532. 1661	129 »	48	1919
I. 1853	188 »	65	2041
III. 1845	249 »	78	2094
V. 1840	344 »	97	2184
I. 1843	376 »	104	2219
VI. 1846	401 »	108	2247
I. 1861	415 »	110	2276
II. 1861	422 »	112	2283
II. 1793	422 »	111	2215
1746	515 »	127	2261
III. 1840	743 »	163	2583
II. 1811	875 a.	181	2686
III. 1860	1000 »	211	2860
1867	1714 »	286	3521
III. 1858	1950 »	311	3808
1769	2090 »	327	3859
III. 1827	2611 »	379	4438
I. 1846	2721 »	388	4567
I. 1811	3065 »	421	4876
1763	3196 »	434	5150
IV. 1873	3277 »	480	5629
II. 1840	3789 »	505	4959
III. 1825	4386 »	535	6211
II. 1864	4738 »	563	6602
III. 1822	5649 »	618	7471
III. 1849	8375 »	813	10 224
1860	8813 »	855	10 493
II. 1840	13 866 »	1053	15 706
IV. 1847	43 954 »	2489	15 081
I. 1780	75 838 »	3975	77 618
II. 1844	102 050 »	4367	103 894
I. 1863	1 840 000 »	29 989	1 841 863
II. 1864	2 800 000 »	40 485	2 801 864

Non occorre dire che questi periodi non presentano tutti lo stesso grado di probabilità, sopratutto se si considerano i più lunghi; l'affermare che la tale cometa si allontana fino a 40 485 volte precise la distanza della Terra dal Sole e che tornerà in queste plaghe nell'anno di grazia 2 801 864 sarebbe un varcare i limiti, non già di un calcolatore intrepido, questo non fa dubbio, ma quelli del semplice buon senso. Abbiamo veduto più sopra quali insidie note ed ignote sian tese alle comete nei recessi dello spazio.

Così, per esempio, nel 1848 si aspettava il ritorno della cometa del 1556,

essere la stessa del 1264. La prima sua comparsa coincidente colla morte di para Urbano IV, e la seconda coll'abdicazione di Carlo V, e nel 1848 sarebbe avvenuta la terza negli ultimi giorni della monarchia in Francia. Essa non è tornata, e malgrado tutti i ritardi e tutte le scuse ammissibili, ormai più non la si attende. — I periodi più brevi sono i più sicuri. Le cifre sovra riferite sono le ultime calcolate.

Fra tutte le comete, le più importanti sono quelle del 1680, 1843 (I), 1811 (II), 1858 (III) e 1861 (I).

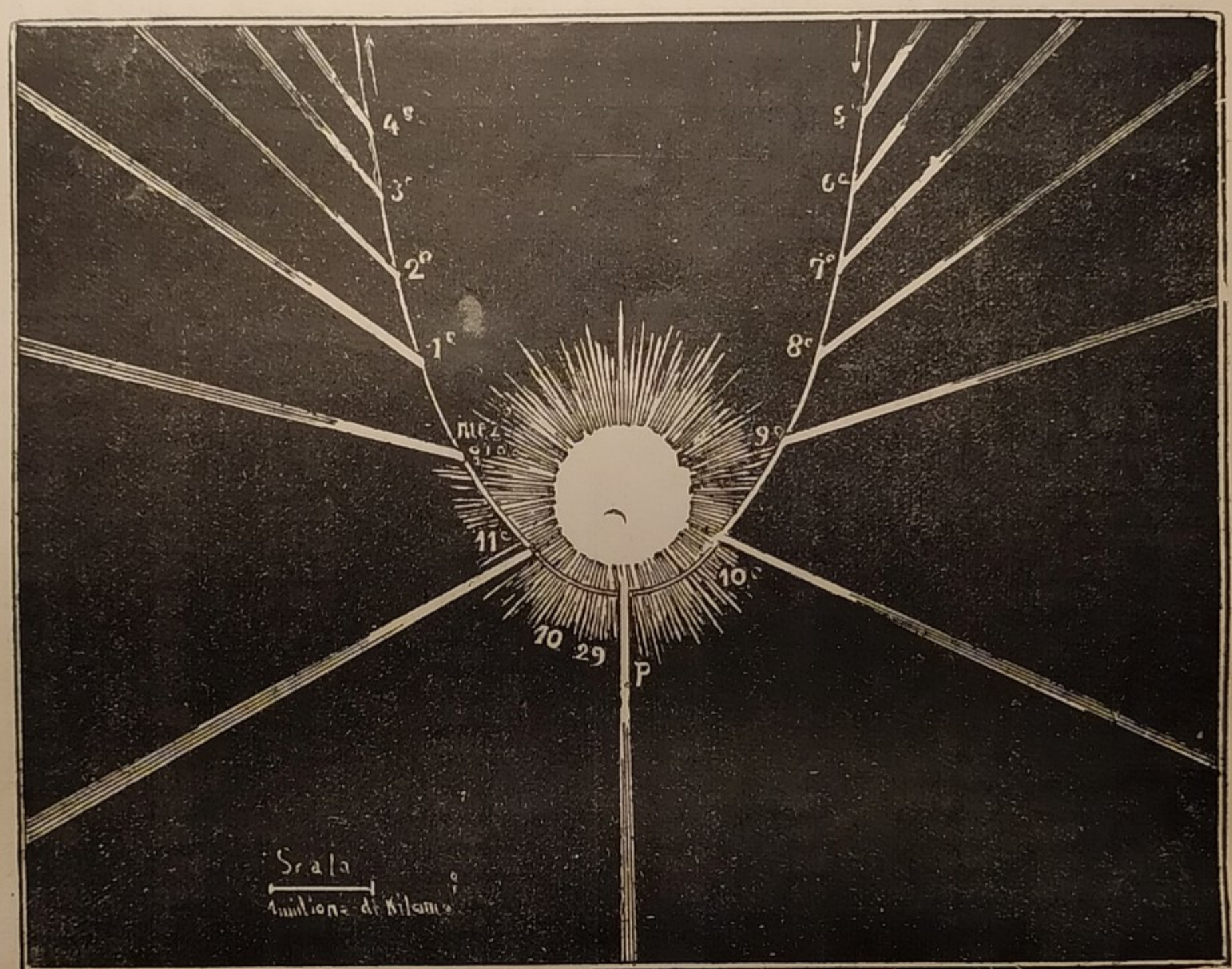


Fig. 276. — Paesaggio, vicinissimo al Sole, della cometa del 1843, il 27 febbraio, a 10 ore e mezzo.

La prima, dietro i primi calcoli di Halley, sarebbe già apparsa, nell'anno 1106 dell'êra nostra — nell'anno 531 — nel 43 av. C., anno della morte di Giulio Cesare, di cui rappresentò l'anima divinizzata — all'epoca della guerra di Troja — e, risalendo ancora più indietro, all'epoca del diluvio biblico, di cui sarebbe stata, secondo Whiston, la causa diretta, come abbiamo veduto.

Ma essa non attinge la sua celebrità al romanzo di questo astronommo-teologo; bensì ai calcoli di Newton, in grazia dei quali fu stabilita la teoria delle comete; e sopratutto al fatto maraviglioso, inaudito, straordinario — direi quasi incomprensibile — di esser passata vicinissimo al Sole senza bruciarvisi, e

senza essere stata afferrata al suo passaggio dall'ardente focolare di attrazione del nostro sistema. Intatti l'8 dicembre 1860, essa ha girato intorno al Sole alla debole distanza perielia di 0,0062, cioè a sei millesimi solamente della distanza della Terra, a 230 000 leghe, correndo con una velocità di 480 000 leghe all'ora, che è più di 500 chilometri al secondo! Essa ha dovuto, a quella brevissima distanza, trovarsi esposta ad un calore pari a quello che noi sentiremmo se avessimo sulle nostre teste, a mezzogiorno in una giornata canicolare, non solamente 160 Soli, ma 160×160 cioè 25 600! È un calore duemila volte maggiore di quello del ferro rovente. Un globo di ferro eguale alla

Fig. 277. — La grande cometa del 1843.

Terra in volume, elevato a siffatta temperatura, impiegherebbe cinquantamila anni a raffreddarsi, e parecchi teorici, i quali supponevano le comete abitabili, ammettevano che, passando così nelle vicinanze del Sole, facevano provvista di calorico pel loro lungo e rigido inverno. Ma, in realtà, esse corrono con tanta velocità che non hanno il tempo di ben compenetrarsi di calore. Questa immensa cometa del 1860, la cui coda stendevasi sopra una lunghezza di 60 milioni di leghe, si allontana fino a 855 volte il raggio vettore della Terra, cioè fino a 31 miliardi e 635 milioni di leghe, e il suo periodo probabile è di 88 secoli, 44 per l'*andata*, e altrettanti pel *ritorno*. Eccoci dunque ben lontani dallo stesso calendario secolare di Nettuno!

Ma la cometa del 1843 è più meravigliosa, più incomprensibile ancora nel suo corso. La sua distanza perielia, determinata con una precisione assoluta, non è che di 0,0055, vale a dire di 201 250 leghe, misurata dal centro della sfera solare, di guisa che la cometa è passata a 31 000 leghe soltanto dalla superficie ardente dell'astro diurno, attraversando certamente per tal guisa l'atmosfera idrogenata, la cui esistenza fu rivelata dalle corone nelle eclissi totali. Da superficie a superficie non v'ebbe che una distanza tutt'al più di 52 000 chilometri. Abbiamo visto più sopra che il focolajo solare lancia intorno a sè delle esplosioni, parecchie delle quali misurano fin 80 000 leghe di altezza. Come mai l'imprudente celeste farfalla non s'è abbruciata, consumata in quelle fiamme, il cui ardore inconcepibile si eleva a parecchie centinaja di migliaja di gradi, e che, qualunque sia, unita alla formidabile potenza dell'attrazione solare, avrebbe dovuto afferrare, stracciare, annientare la povera avventuriera dei cieli? Regnava in quella regione una temperatura almeno trentamila volte superiore a quella che a noi manda l'astro fiammeggiante. Ebbene: la strana visitatrice ne uscì sana e salva, senza essere menomamente disturbata nel suo maestoso slancio.

Il vero può qualche volta essere inverosimile.

Questo avvenimento, le cui conseguenze avrebbero potuto essere tanto drammatiche dal punto di vista dell'ordine inalterabile dell'armonia dei cieli, avvenne il 27 febbrajo 1843 a 10 ore, 20 minuti (tempo medio di Parigi).

Lanciata dal suo rapido scatto, la cometa non impiegò che due ore, da $9^h \frac{1}{2}$ ad $11^h \frac{1}{2}$ a girare tutto l'emisfero solare rivolto verso il suo perielio. La nostra figura 276 rappresenta questo formidabile passaggio al perielio. Essa volava allora con una velocità di più di 2200 chilometri al secondo (è la maggior velocità di projezione che noi abbiamo misurata in tutto l'universo). Dietro di essa, rispetto al sole, estendevasi una coda di 80 milioni di leghe di lunghezza (320 milioni di chilometri), superando così di più del doppio la distanza dalla Terra al Sole. In quanto alla velocità dell'estremità della coda trascinata, rimanendo sempre in opposizione col Sole, nel cammino della cometa nello spazio, essa supera quanto mai si possa imaginare (1), e sem-

---

(1) Riducendo a metà le dimensioni osservate nella coda, supposto che al momento del passaggio al perielio essa si fermasse alla distanza della Terra, questa estremità avrebbe ancora dovuto percorrere la metà del perimetro dell'orbita terrestre, ossia 116 milioni di leghe, in due ore: la velocità sarebbe dunque stata di 16 111 leghe, ovvero di più di 64 milioni di metri al secondo! Si stenta a crederlo. D'altra parte il calcolo prova che in vicinanza affatto al Sole, una velocità di 608 000 metri per secondo, lancerebbe il mobile che ne fosse animato, sopra una parabola che lo allontanerebbe indefinitamente da esso; le particelle della coda della cometa del 1843 avrebbero dunque cessato di appartenere alla cometa, il cui moto è ellittico in quella regione in cui si è verificata quella velocità, vale a dire che tutt'intiera la coda avrebbe dovuto sfuggire e sarebbesi dispersa nello spazio. Ora nulla di simile si osserva; queste code non si rompono in tal modo; esse offrono un aspetto rigido, sopratutto nelle due famose comete del 1680 e 1843. Come ammettere una siffatta rotazione?

brami condurre alla conclusione che quelle lunghe code cometarie non sono sostanziali, ma rappresentano solamente uno stato dell'etere messo in un movimento ondulatorio particolare sotto l'influenza della cometa. Discuteremo più innanzi questo interessante soggetto.

Questa meravigliosa e ardente figlia dello spazio si è mostrata per la prima volta di *pieno giorno*, il 28 febbrajo, di fianco al Sole, e malgrado il suo splendore. (Un secolo prima, la cometa del 1743 era del pari stata visibile di pieno giorno; lo stesso era già accaduto di quelle del 1547, 1500, 1402, 1106) Nessuno l'aveva veduta arrivare, fu scôrta la prima volta il 28 febbrajo a Parma, a Bologna, a Messico, a Portland (Stati Uniti), a Sole alto, ad 1° 23′ all'est del centro dell'astro, con una coda di 4 a 5 gradi di lunghezza, che si perdeva nella luce diffusa dell'atmosfera. L'indomani, 1° marzo, al tramontar del sole, fu vista da Copiaco (Chilì) la smagliante cometa accompagnata da una coda di 30 gradi, accorciata naturalmente dai chiarori del crepuscolo. Il 4 marzo, sotto l'equatore, un capitano di nave misurò la coda e la trovò di 69 gradi. A Parigi, non fu vista per la prima volta che il 17, e non fu misurata la coda che il 18: essa aveva 43 gradi di lunghezza e soltanto 1° 2′ di larghezza il che corrisponderebbe a 6 milioni di leghe sopra 1 300 000. Arago che l'ha misurata a quella data, ammette che poteva avere la stessa lunghezza il giorno del perielio, ed è probabile, poichè gli è appunto nella regione del loro perielio che le comete presentano in generale le maggiori code; ma come mai non ha notato l'impossibilità pratica che ci ha colpito testè?

Nessuno avendo veduto la cometa prima del suo passaggio al perielio, è quasi certo che la sua grandezza non data che dall'epoca del suo giro intorno all'astro raggiante. (Possiamo ben anche notare che, se fosse stata projettata dal Sole il 27 febbrajo a $10^h\ 29^m$ con una velocità di circa 600 000 metri, la sua comparsa e il suo corso corrisponderebbero a un dipresso a tutte le osservazioni fatte: la metà a destra della figura 276, è puramente teorica, cioè ipotetica.)

La cometa del 1680 fu veduta prima del suo passaggio al perielio, fin dal 14 novembre, a Coburgo. La sua coda era diretta, come quella del 1843. Ma evidentemente non è la stessa coda che fu veduta prima e dopo il passaggio al perielio.

Dopo esser così passata senza accidenti in seno ai cocenti ardori del suo perielio, l'enorme cometa se ne fuggì attraverso lo spazio, rallentando il suo andare; in un sol giorno, il 27 febbrajo, la sua distanza dal centro del Sole variò nel rapporto di 1 a 10; passò in vista degli abitanti di Mercurio, di Venere, della Terra, sparve ai nostri occhî, e s'allontanò alle distanze successive di Marte, Giove, Saturno. Se, come è probabile, malgrado l'ipotesi precedente, la cometa è arrivata *incognito* e segue un'orbita percorsa in 376 anni,

essa continua ad allontanarsi, toccherà nel 2031 il vertice della sua corsa, ad una distanza pari a 104 volte la nostra distanza dal Sole, vale a dire al di là più di tre volte quanto è lontano Nettuno, e ripiglierà il suo viaggio di ritorno per precipitarsi di nuovo nel Sole verso l'anno 2219, forse per consumarvisi questa volta totalmente. Tre mesi e mezzo dopo il suo passaggio al perielio, nel giugno 1843, anno del *minimo* di macchie solari (vedi pag. 335), si osservò ad occhio nudo sul Sole una delle macchie più grandi e sorprendenti che siano mai state vedute; il suo diametro era di 119 000 chilometri; di guisa che la sua superficie superava di molto quella della Terra; essa rimase visibile ad occhio nudo durante un'intera settimana; secondo ogni probabilità, quella macchia non apparteneva al ciclo regolare delle macchie solari; essa potè esser prodotta dalla caduta sul Sole di un enorme meteorito facente parte di uno sciame di stelle filanti che seguivano l'orbita della cometa del 1843, e che, essendo passato appena alquanto più presso al gran focolajo che non la testa della cometa, sarà stato abboccato al passaggio.

La cometa del 1861.
Fig. 278.

Si vede quale inaspettato interesse presenta lo studio di questi astri che non ha guari erano il terrore dell' umanità, e che, agli occhî di parecchî astronomi moderni, sono ad un tratto caduti al disotto di zero, dacchè alcuni li chiamano « dei nulla visibili, » altri « delle nullità capellute ». Essi sono forse destinati a rivelarci chi sa quanti misteri intorno all'origine e alla fine delle cose.

Due altre comete della lista precedente sono ancora particolarmente interessanti: quelle del 1811 e del 1858. Se la prima potesse raccontare la propria storia, essa ci rammenterebbe che alla sua ultima comparsa l'Europa era tutt'un brulichìo di soldati di ogni colore, di baionette, di cannoni e di tende, essendochè allora un uomo profondo di strategìa era coscienziosamente occupato nello sterminare cinque milioni di uomini; — che nel suo penultimo passaggio, nell'anno senza grazia 1254, il mondo civile di quei tempi era tutto in armi, in fuoco, in battaglia per la famosa guerra di Troia; sotto il pretesto del ratto di una giovane e bella signora;— che al suo antipenultimo viaggio fra noi, nell'anno 4320, sempre senza grazia, essa aveva veduto l'Egitto irto di uomini armati di coltelli, di giavellotti, di lance e di spade, che si scuoiavano reciprocamente nelle strette de' monti, intanto che degli eserciti di schiavi

Fig. 279. — La cometa del 1858, veduta dal terrazzo dell'Osservatorio di Parigi, il 5 ottobre 1858.

condotti a colpi di scudiscio, inalzavano le piramidi; — che prima ancora, verso il 7400, l'Asia le era apparsa coperta di orde feroci che tra loro rabbiosamente si bastonavano e si pigliavano a sassate per la conquista della Cina sotto la condotta di principi montati su elefanti; — che prima ancora, verso l'anno 10 450, essa aveva veduto delle compagnie d'uomini selvaggi che maneggiavano delle fionde, delle scuri di pietra, delle lancie colla punta di selce, dei martelli di pietra, e che si ammazzavano fra loro nel folto delle foreste pel possesso di un capriolo; che alcuni anni cometarî prima, saranno venti o trentamila anni terrestri, le grandi scimie ch'essa aveva veduto fino allora alla testa dell'animalità terrestre, parevano lievemente trasformate con un'andatura un po' più eretta, un poco più grandi, meno pelose e più socievoli, ma ancora cattive e barbare... e così, rifacendo sempre più addietro la catena dei tempi, la cometa del 1811 potrebbe narrare una storia del nostro pianeta piena di gloria per gli amatori di battaglie (1). Questa grande cometa, nella quale i Russi vedevano nel 1812 con terrore il presagio della terribile guerra che doveva far precipitare sulla Francia tanti disastri, non misurava meno di 450 000 leghe di diametro nella sua testa. Il nucleo, più luminoso, circondato da quella colossale nebulosità, misurava 1089 leghe. La coda si protendeva sopra una lunghezza di 176 milioni di chilometri. Se ne è visto più sopra (figura 269, pagina 584) l'aspetto così rimarchevole.

Aggiungiamo ancora che una delle più belle comete del nostro secolo fu la grande cometa del 1858, scoperta il 2 giugno dell'anno stesso a Firenze dal mio compianto amico Donati, e visibile ad occhio nudo in settembre ed ottobre. La sua coda raggiunse una lunghezza angolare di 64°, che equivale a 88 milioni di chilometri.

Si videro comete che superavano i 90° di lunghezza (quelle del 1680, 1769, 1264, 1618 e 1861) di guisa che avrebbero potuto essere sotto l'orizzonte mentre l'estremità del loro strascico fosforescente toccava lo zenit. Il suo nucleo misurava 900 chilometri di diametro e offrì dei rapidi cambiamenti di grandezza. Il suo periodo sembra essere di 1950 anni. Nella figura 279 venne riprodotto un disegno che ne ho fatto il 5 ottobre 1858 sul terrazzo dell'Osservatorio di Parigi, quando la cometa passava vicino alla splendida stella Arturo della costellazione di Boote (Bifolco).

La cometa del 1861, apparsa repentinamente agli occhî dell'intera Europa la domenica 30 giugno, sopra il luogo in cui il Sole era appena tramontato, può essere considerata come una rivale della precedente. La sua coda raggiunse 118°! Essa era allora molto lontana dalla Terra, e la sua lunghezza reale non era che di 17 milioni di leghe. La sua testa mutò meravigliosa-

(1) Un giorno l'autore ha tentato di farsene l'interprete. Vedi i *Récits de l'Infini*. Storia di una Cometa.

mente d'aspetto, come vedremo nel capitolo seguente e il suo studio ha permesso di penetrare un po' più innanzi nell'esame fisico di questi astri singolari. La sua rivoluzione sembra essere di 422 anni.

Questa esposizione generale delle comete, dei principali loro caratteri e dei loro movimenti nello spazio, sarà più completa se noi v'aggiungeremo che le comete a breve periodo che descrivono del pari delle orbite chiuse intorno al Sole collocato in uno dei fochi delle loro ellissi colossali, non costituiscono che la parte più importante, senza dubbio, ma numericamente più debole delle comete osservate. Infatti, dacchè l'astronomia possiede degli annali, dal tempo degli astronomi chinesi, caldei e greci, i quali, parecchî secoli prima della nostra èra tenevano già nota delle apparizioni cometarie, fino all'ora in cui scriviamo queste righe (ottobre 1879), sia ad occhio nudo, sia negli strumenti ottici dopo la loro invenzione (1609), si sono vedute 806 comete, di cui il quadro che segue presenta la lista.

STATISTICA DELLE COMETE APPARSE

	COMETE			
	osservate	riconosciute identiche o riappariz.	differenti	calcolate
Prima dell'êra volgare	68	1	67	4
I. Secolo	21	1	20	1
II. »	24	1	23	2
III. »	40	2	38	3
IV. »	25	1	24	
V. »	18	1	17	1
VI. »	25	1	24	4
VII. »	31	2	29	0
VIII. »	15	1	14	2
IX. »	35	1	34	1
X. »	24	3	21	2
XI. »	31	2	29	3
XII. »	26	1	25	0
XIII. »	27	3	24	3
XIV. »	31	3	28	8
XV. »	35	1	34	6
XVI. »	31	5	26	13
XVII. »	25	5	20	20
XVIII. »	69	8	61	64
XIX. »	205	47	158	205
Totale	806	90	716	342

Se sottraggasi dal numero totale di 806 comete osservate quelle che hanno effettuato più volte il loro ritorno, si trova il numero di 716 comete distinte. Ma non bisogna dimenticare, per interpretar questa cifra, che fino al XVI secolo tutte le comete furono osservate ad occhio nudo, mentre che dopo l'invenzione dei telescopî un gran numero è stato trovato col sussidio di questi istrumenti. Il quadro precedente non dà fino al 1600 che le comete più appariscenti; ora si verifica il fatto che le comete telescopiche, o troppo

deboli o troppo lontane dalla Terra, per esser visibili ad occhio nudo, sono di gran lungo più numerose; così, per esempio, nel nostro secolo, sopra 205 comete osservate, soltanto 19 sono state visibili ad occhio nudo, mentre che 186 furono scoperte col telescopio.

Questa statistica generale ci conduce al quesito tante volte già posto: *Quante comete vi sono in cielo?*

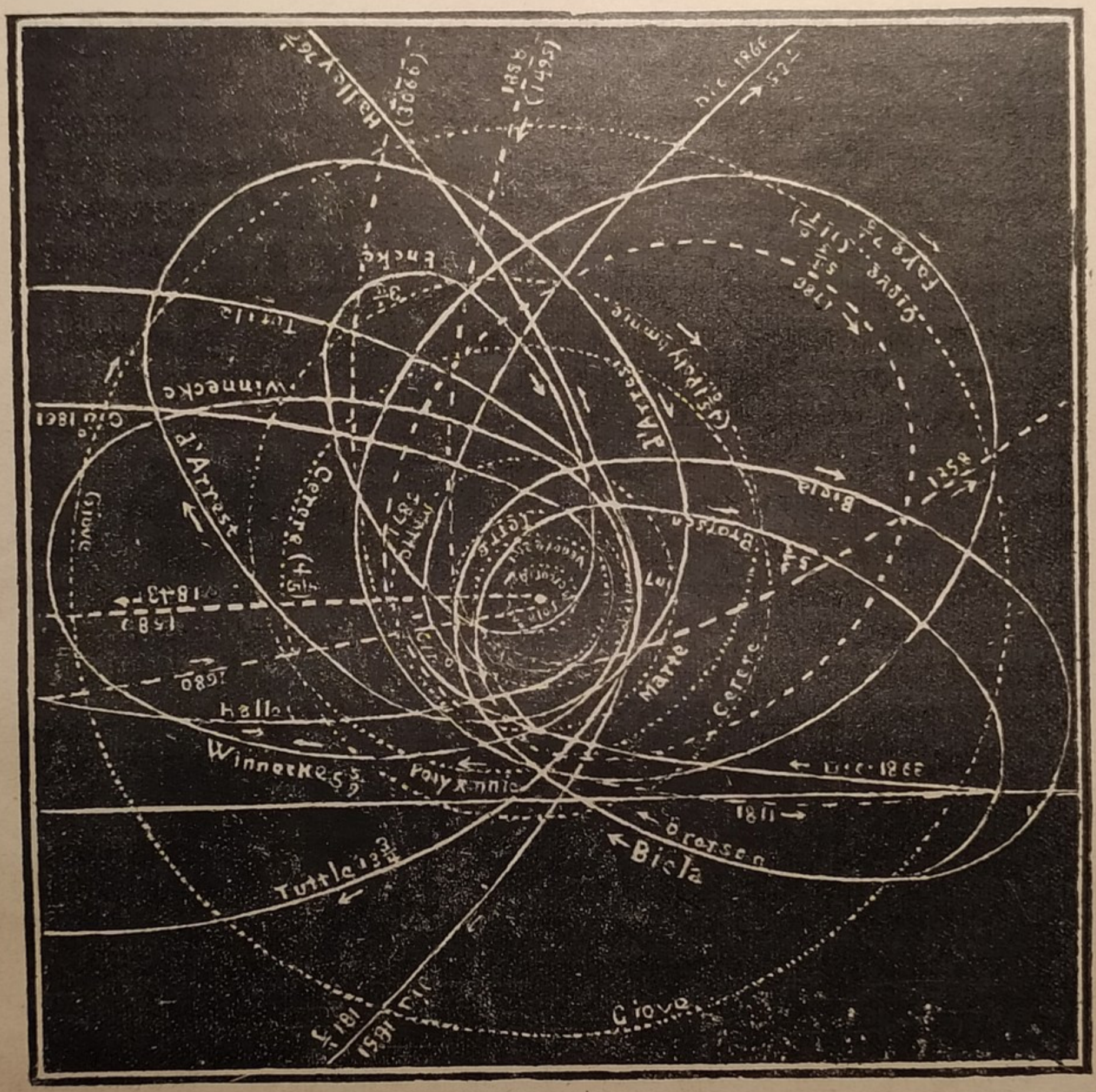


Fig. 280. — Orbite di alcune comete.

« Tante quanti pesci vi sono nell'Oceano » rispondeva Keplero.

Questa risposta non aveva nulla di esagerato.

Infatti, abbiamo veduto or ora che già più di settecento comete sono state osservate. Ma questo numero non comprende, fino al diciassettesimo secolo, se non quelle che furono visibili ad occhio nudo, ed è probabile, come lo prova la precedente statistica, che se da venti secoli si fossero cercate le

comete coll'ajuto del telescopio, se ne sarebbero vedute più di seimila. Aggiungiamo ora che le lunghe giornate d'estate impediscono di scoprirne circa $\frac{1}{7}$, che è da aggiungersi alla cifra precedente per renderla normale, con che si ha 7300. Ma v'ha di più; non è vero affatto che tutte le comete telescopiche che passano in vista della Terra da noi si veggano: non tutte le regioni del cielo sono continuamente esplorate dagli astronomi, e forse più della metà delle comete debbono passare inavvertite, senza contare le notti in cui il cielo è coperto, e durante le quali è impossibile qualunque ricerca. Noi staremo dunque certamente ancora al disotto del vero ammettendo che nel corso degli ultimi duemila anni 15 000 comete almeno sono passate in vista del nostro pianeta. Ma non è tutto ancora. Il nostro calcolo non si applica che alle comete che si avvicinano tanto alla Terra da essere visibili. Se esse sono distribuite uniformemente negli spazî interplanetarî, il numero deve ancora aumentare da orbita ad orbita planetaria, come il cubo delle distanze, e, siccome vi sono 43 perielî internamente all'orbita di Mercurio, si trova che dal Sole a Nettuno debbono esservi più di *venti milioni* di orbite cometarie. È tuttavia probabile che vi siano più perielî nelle regioni prossime al Sole, chiuse nelle orbite di Mercurio, Venere, Terra e Marte, che non nelle regioni esteriori di minor attrazione, e che la progressione debba essere inferiore al cubo. Ma, d'altra parte, non è dubbio che quelle che si avvicinano abbastanza al Sole per rendersi visibili dalla nostra stazione, non formano che una piccolissima frazione del numero totale di quelle che gravitano intorno al Sole; ve ne ha in tutti i versi e in tutte le direzioni; e, d'altra parte ancora, l'orbita di Nettuno non limita la sfera dell'attrazione solare: delle comete possono gravitare verso il Sole, non solamente a 30 volte la distanza della Terra, ma a 100 volte, a 1000, a 10 000, a 100 000 volte quella distanza; le comete volano da un Sole all'altro, in tutte le direzioni dell'i finito: esse gravitano anche intorno ad altri fochi stellari, ed è forse alla loro caduta in certe stelle che debbonsi attribuire le spaventevoli conflagrazioni che noi abbiamo osservato nelle stelle accesesi repentinamente nel 1572, 1604, 1670, 1848, 1866, 1876, per non citare che le meglio osservate.

Dunque, in ultima analisi, non è solamente a milioni, e neppure a centinaja di milioni, che dobbiamo valutare il numero effettivo delle comete, ma a miliardi. Se noi siamo già stupiti del prodigioso intreccio indicato dalla precedente fig. 280, nella quale non veggonsi tuttavolta che le orbite di tredici comete e di sette pianeti, che cosa sarebbe mai se noi tentassimo di rappresentarci la reale matassa delle migliaja di orbite cometarie che solcano le regioni nelle quali navighiamo noi stessi attraverso lo spazio?... Questi astri misteriosi sono i corrieri del cielo. Che cosa ci dicono?

CAPITOLO III.

Costituzione fisica e chimica delle Comete.

Modo di comunicazione fra i mondi. — Possibili scontri colla Terra.

Che cosa è una cometa?

È una massa nebulosa estremamente leggiera il cui nucleo può essere solido e formato di aeroliti solidi, riscaldati al perielio fino alla incandescenza; massa in grandissima parte costituita da gas nella cui composizione chimica dominano i vapori del carbonio.

Isolate nella profondità dello spazio, queste masse prendono naturalmente la forma sferica, sono sprovviste di code, di pennacchî e di chioma irregolare. Allorchè arrivano nelle regioni solari, esse sono, più che non i massicci pianeti, sensibili all'azione calorifica, luminosa, elettrica, magnetica del Sole. La cometa si dilata, i suoi vapori si svolgono e fuggono in getti verso l'astro raggiante; poi si vedono respinti dai due lati della testa per dar origine allo strascico caudale. Sovente dei pennacchietti escono dalla testa, e talora si forma un velo multiplo costituito di una serie di successivi involucri. Questi gas sono poscia respinti indietro, mentre la cometa s'inoltra rapidamente nel suo corso. Sembra che l'elettricità abbia la parte principale in questi effetti. La cometa cessa allora di essere sferica e diventa ovale, allungata nella direzione del Sole.

Il Sole agisce sulla cometa: 1.° colla sua attrazione, producendo una doppia marea atmosferica analoga a quella terrestre, ma tanto più intensa in quanto l'atmosfera cometaria è più estesa e quanto più la cometa è vicina al Sole 2.° col suo calore, riscaldando il nucleo, dilatando i gas, generando dei nuovi vapori, operando delle trasformazioni fisiche e chimiche; 3.° coll'elettricità e il magnetismo, che debbono inevitabilmente generare delle correnti contrarie, delle attrazioni e delle ripulsioni; 4.° con una forza ripulsiva la cui natura ci è ancora ignota.

Un'idea generalmente diffusa nel pubblico fa credere che le code delle co-

mete *le seguano* nel loro corso a guisa di uno strascico di materia fosforescente. La è questa una opinione affatto inesatta. Siffatte appendici sono sempre opposte al Sole (quasi fossero, come a dire, l'ombra luminosa della cometa), presentando assai di sovente una lieve curva in senso opposto al moto dell'astro. Tracciamo la curva di un'orbita cometaria qualunque (figura 281), e noi vedremo che se la coda pare seguir la cometa prima del suo perielio, essa, al contrario, dopo quest'epoca la precede. Questo strascico s allunga *nel piano dell'orbita* della cometa, non si eleva nè si abbassa sotto di quella; è piatto e non cilindrico, come lo credeva, non ha molto, lo stesso Arago.

La sua lunghezza apparente, la sua larghezza, la sua forma istessa dipendono dalla prospettiva sotto cui la vediamo. Tracciamo la trajettoria apparente descritta dalla grande cometa del 1858, colle posizioni del Sole

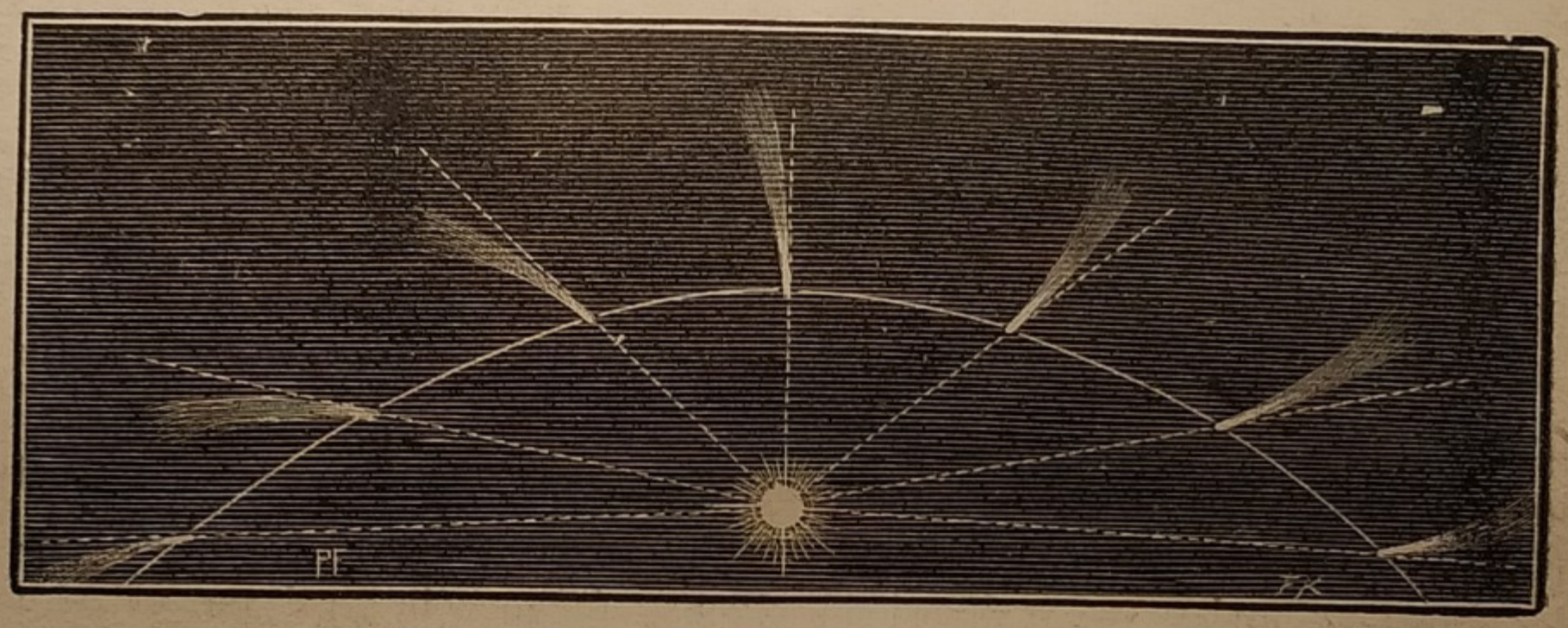


Fig. 281. — Le code cometarie sono sempre opposte al Sole.

corrispondenti a ciascun giorno, otterremo la fig. 282, che mostra ad evidenza in che modo la coda di una cometa si trasporta nello spazio.

Fra le maggiori comete che sieno apparse agli occhî degli abitanti della Terra, quella del 1843 aveva una coda assolutamente diritta e precisamente opposta al Sole; abbiam visto che è quella che si è avvicinata di più all'astro raggiante; che questa coda misurava 80 milioni di leghe di lunghezza, che è impossibile ammettere la sua materialità in ragione della favolosa velocità delle comete al loro passaggio pel perielio. Siamo dunque condotti a pensare che le code delle grandi comete non sieno materiali. Codesta coda è in certo modo una specie di ombra luminosa della cometa, viaggiante e incurvantesi leggermente; essa è paragonabile ad una nuvola che si formi e svapori continuamente nella traccia di quest'ombra. È un raggio, elettrico od altro. Non si può dire precisamente ch'esso illumini lo spazio, giacchè lo spazio è costantemente rischiarato dal Sole e non è appunto visibile per questo.

Bisogna dunque che la cometa produca qui un effetto tutto speciale sull'etere, un *movimento etereo*. L'etere esiste, poichè le ondulazioni luminose senz'esso non si trasmetterebbero; siamo dunque costretti ad ammettere che lo spazio è riempiuto di un fluido di un'estrema tenuità; ma, qualunque sia la sua tenuità, questo fluido non è per ciò meno *esistente* e reale. Ebbene! per ispiegare le immense code delle comete che mostransi sempre in opposizione col Sole, e per evitare le traslazioni impossibili che ci colpirono a proposito delle grandi comete del 1680 e del 1843, è necessario e sufficiente che la cometa agisca sull'etere a guisa di una lente, non precisamente rifrangendo i raggi luminosi, ma piuttosto producendo una ondulazione elet-

Fig. 282. — Cammino della cometa del 1858 (Donati) dal 12 settembre al 14 ottobre.

trica ancora più leggiera di quella delle aurore boreali che si formano ai limiti stessi della nostra atmosfera. Non è materia ciò che viaggia in un dispaccio telegrafico spiccato da Parigi verso Nuova York; è un *movimento*. Una ondulazione viaggia attraverso un bacino d'acqua, senza che perciò l'acqua stessa viaggi. Queste code immense, non potendo essere sostanziali, non possono viaggiare per sè stesse, ma ci rappresentano uno stato particolare e momentaneo dell'etere messo in movimento dalla interposizione della cometa dinanzi al Sole. Si è veduta la luce delle code cometarie, specialmente nel 1843, 1860, 1874, ondulare come le colonne luminose delle aurore polari. Noi non conosciamo la sostanza dell'etere: perchè non sarebbe dessa luminosa, quando venisse elettrizzata o attraversata da un rapido movimento

di un certo ordine? Mistero, senza dubbio; ma val meglio confessarlo che credere sicura la teoria. L'objezione delle immense code al perielio è capitale (1).

Si avrà un'idea della potenza trasformatrice esercitata dal Sole sulle comete, esaminando le figure 283 e 284 che rappresentano i getti luminosi lanciati dalla testa della cometa del 1861, ed osservati a Roma dal padre Secchi, a ventiquattro ore solamente di intervallo, il 30 giugno e il 1.° luglio. Giunti ad una certa altezza, questi getti formano un alone od arco brillante, che si prolunga indietro fin nella coda.

In generale, una cometa al suo primo apparire in fondo allo spazio, men-

Fig. 283. Trasformazioni osservate nella testa della cometa del 1861.

tre si dirige verso il Sole, rassomiglia ad una debole nebulosa rotonda od ovale. Avvicinandosi all'ardente focolajo sembra ingrandirsi, e sviluppa una

(1) Dopo aver studiato colla più scrupolosa attenzione le teorie emesse successivamente da Keplero, Newton, Laplace, Olbers, Bessel, Liais, Secchi, non che i recenti e bei lavori di Faye, Roche e Brédichin, siccome ognuna di queste spiegazioni ammette la materialità delle code, mi sembra impossibile di poter accettare nè l'una nè l'altra. Cardano ha proposto, fin dal XVI secolo, di spiegare queste code mediante la rifrazione della luce solare attraverso il globo della cometa; ma evidentemente ciò non basta; la cometa non è propriamente una lente, e lo spazio non è rischiarabile dalla sola luce solare. Gergonne e Saigey hanno riprodotto questa ipotesi supponendo fosse l'atmosfera della cometa rischiarata a quel modo di rifrazione; ma bisognerebbe perciò ammettere che queste comete traessero seco delle atmosfere misuranti 60, 80, 100 milioni di leghe di diametro! Recentemente Tyndall ha voluto spiegare lo stesso fenomeno dicendo che una cometa è formata di un vapore decomponibile sotto la luce del Sole, e che la testa e la coda sono una nube chimica risultante da quella decomposizione; l'objezione dell'enormità delle atmosfere cometarie esistendo anche in questa ipotesi, essa impedisce di adottarla al pari della precedente. Come ammettere che una cometa possa essere una massa vaporosa del diametro di 100, 50, 30, 20 e anche solo di 10 milioni di leghe? Come accettare d'altra parte che l'estremità di uno strascico vaporoso corra nello spazio con una velocità di 60 mila chilometri al secondo e più ancora? Nessuno è tenuto all'impossibile. L'astronomo non ha la risorsa del musulmano fatalista che crede semplicemente che « Dio volle così », nè quella del divoto ancor più umile che va sino a dire « *credo quia absurdum* ». Lo studio dell'universo deve anzitutto essere ragionato.

parte interna più brillante che si chiama il *nucleo*. Questo nucleo è circondato da un'atmosfera vaporosa ordinariamente allungata e non simmetrica, il cui lato più stretto è vôlto al Sole. Tale è la forma definitiva delle piccole comete; ma, approssimandosi al perielio, le comete più grandi danno origine a getti luminosi che pajono lanciarsi dal nucleo verso il Sole, si curvano poi per cominciare al di dietro la *coda* della cometa. Il massimo di splendore si presenta alcuni giorni dopo il perielio; a partire da questo momento l'astro comincia ad impallidire, i getti scompajono, la coda si dissipa, e la cometa riprende di bel nuovo l'aspetto di una semplice nebulosità che essa presentava al principio della sua comparsa. Tale è la storia di tutte le comete.

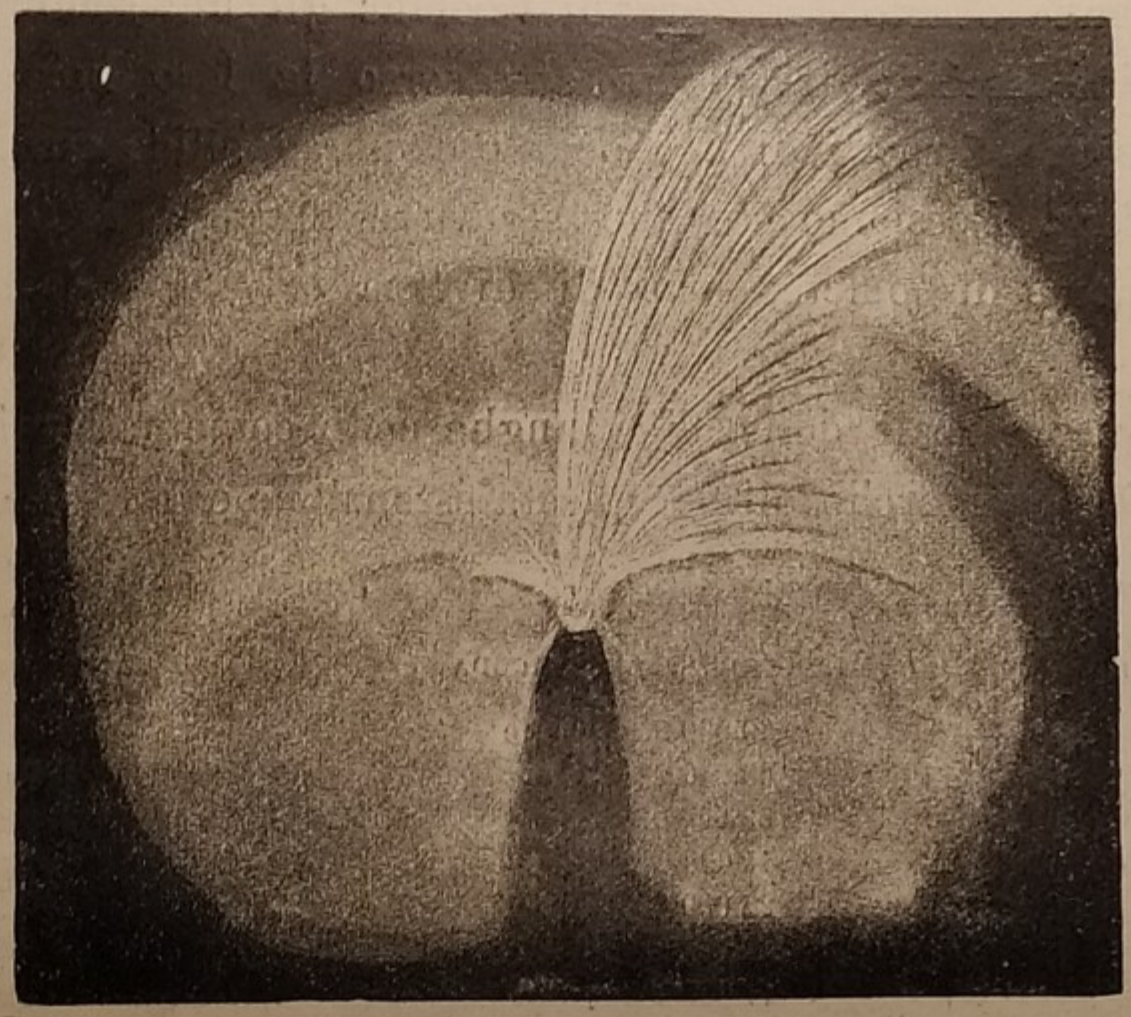


Fig. 284. — Trasformazioni osservate nella testa della cometa del 1861.

Il Sole agisce dunque su questi astri allorchè gli si avvicinano, produce in essi delle trasformazioni fisiche e chimiche importanti, ed esercita sulla loro atmosfera, quando si è sviluppata, una forza ripulsiva la cui natura ci è ancora occulta, e i cui effetti coincidono colla formazione e lo sviluppo delle code.

Le code trovansi pertanto nel prolungamento dell'atmosfera cometaria, sospinta e ributtata indietro, sia dal calor solare, sia dalla luce, sia dall'elettricità, sia da altra causa, e siffatto prolungamento è piuttosto un movimento che si effettua entro l'etere che un trasporto reale di materia, almeno nelle grandi comete che si avvicinano assaissimo al Sole, e nelle loro immense appendici luminose. Gli effetti prodotti e osservati non sono gli stessi in tutte le comete, il che prova che esse differiscono fra loro sotto parecchî rispetti. Si sono vedute talvolta le code diminuire prima ancora del passaggio al perielio, come nel 1835; si sono anche visti degli involucri luminosi succedersi

intorno alla testa, costiparsi respinti dalla parte opposta al Sole, e lasciare la linea mediana della coda più oscura che dai due lati; è ciò che è accaduto nella cometa Donati e in quella del 1861. Qualche volta si è veduto una coda secondaria projettata dalla parte del Sole, come nel 1824, 1850 e 1851; si sono anche vedute delle comete che presentavano tre, quattro, cinque e *sei code*, come quella del 1744, per esempio, che apparve somigliante ad una splendida aurora boreale che si levasse maestosamente nel cielo, fino al momento in cui, il ventaglio celeste essendosi inalzato di tutta la sua altezza, si conobbe che i sei getti di luce partivano tutti da un medesimo punto, il quale altro non era che il nucleo di una cometa. D'altra parte i nuclei stessi hanno offerto delle grandi varietà: gli uni sembrano semplicemente nebulosi e lasciano trasparire attraverso la loro luce le stelle più fioche: altri pajono formati di una o di più masse solide circondate da una enorme atmosfera. Possiamo dunque supporre che gli astri erranti, compresi sotto il nome di comete, sono di diversa origine e di *parecchie specie* differenti.

Ecco le lunghezze reali delle più lunghe code cometarie misurate: le tre prime sono affatto rimarchevoli per questa estensione e il loro avvicinamento, nel perielio, al focolajo solare.

Comete	Lunghezza della coda	Distanza del perielio
1843	80 000 000 leghe	0,0055
1680	60 000 000 »	0,0062
1847	53 000 000 »	0,0426
1811	44 000 000 »	1,0355
1858	22 000 000 »	0,578
1618	20 000 000 »	0,389
1861	17 000 000 »	0,822
1769	16 000 000 »	0,123
1860	9 000 000 »	0,292
1744	7 000 000 »	0,222

È lecito farsi la domanda: qual prodigiosa lunghezza avrebbe raggiunto la cometa del 1811, se invece di fermarsi alla distanza della Terra dal Sole, essa si fosse avvicinata a questo come le sue sorelle del 1843 e 1680?

Quale può essere il peso effettivo di questi astri singolari?

Possiamo a bella prima notare che in generale queste nebulosità sono leggerissime. Infatti allorchè passano in vicinanza ai pianeti esse non inducono veruna perturbazione nei moti di questi pianeti, nè dei loro satelliti; per tal modo la cometa di Lexell è passata vicino a Giove nel 1769 e 1779, non già attraverso al suo sistema, come si è creduto per alcun tempo, ma ad una distanza di circa 150 000 leghe, e nel 1770 è passata a 610 000 leghe dalla Terra: nè alcuno dei satelliti di Giove, nè la Luna, ne furono in alcun modo disturbati. D'altra parte, la cometa del 1861 è passata a 110 000 leghe da noi il 30 giugno, ed è quasi certo, dietro i calcoli più esatti e le osservazioni

del signor Liais, che la Terra e la Luna hanno attraversato la sua coda alle ore 6 del mattino. Ma, nè la Terra nè la Luna se ne sono accorte: non si vide che una leggiera aurora boreale come se la coda fosse stata del resto essa stessa un' aurora boreale: l' incontro non fu veramente conosciuto e calcolato che dopo il suo passaggio. Se ora si giudica la densità delle comete dalla loro trasparenza, senza parlar delle code che sono *assolutamente trasparenti,* si son viste negli anni 1774, 1795, 1796, 1819, 1824, 1825, 1828, 1835, 1847, delle stelle di 5.ª 6.ª 8.ª e 10.ª grandezza occultate da *teste* di comete senza esserne indebolite nè rifratte; nel 1828 la nebulosità attraversata dalla luce di una di quelle stelle non aveva meno di 500 000 chilometri di spessore, e la stella non era di 10.ª grandezza. Disgraziatamente non si è ancora osservato un *nucleo* passare precisamente dinanzi ad una stella, benchè parecchie sieno passate vicinissimo: venti minuti più al nord e quello della bella cometa del 1858 occultava Arturo e risolveva una parte del problema. Un terzo metodo, che non si appoggia nè sulle perturbazioni planetarie, nè sulla trasparenza delle comete, ma sulle trasformazioni delle atmosfere cometarie, ha dato al signor Roche per la massa della cometa di Donati un ventimillesimo di quella della terra, e per la massa della cometa di Encke un millesimo soltanto. Questo risultato pare esagerato.

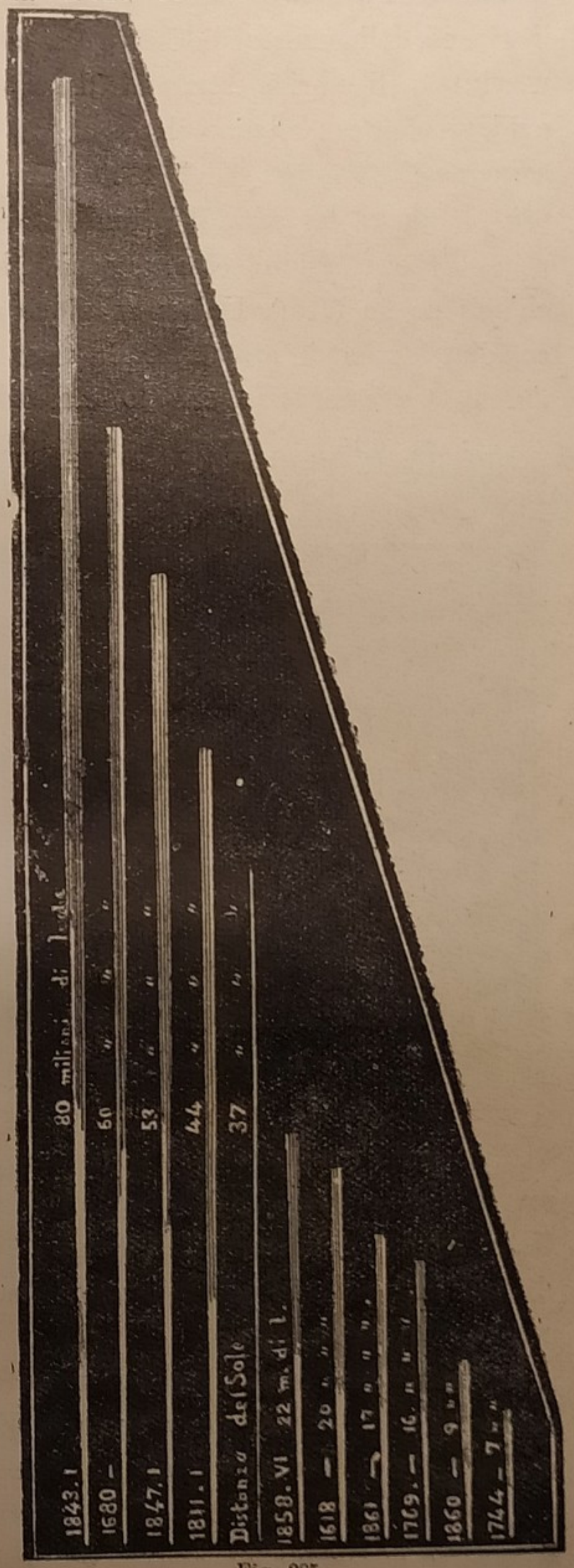


Fig. 285.
Lunghezze comparate delle code cometarie.

Se una cometa venisse a passare proprio dinanzi al Sole, l'osservazione di questo fatto sarebbe della più alta importanza per l'analisi della costituzione fisica del nucleo. Si sono attribuite

ad un avvenimento analogo parecchie oscurazioni dell'astro diurno ricordate nella storia o nelle leggende, specialmente la pretesa eclisse di sole accaduta il giorno della morte di Cristo (in epoca di luna piena!), e che rimase sconosciuto agli storici estranei alla storia del Cristianesimo. Quantunque sia evidentemente rarissimo il passaggio di una cometa proprio sul Sole, uno ne avvenne il 26 giugno del 1819 e un altro il 18 novembre 1826, e, grazie al più fortunato dei casi, il primo fu veduto, esaminato e disegnato da Pastorff, a quell'epoca assiduo osservatore del Sole. (Riproduciamo il disegno, fig. 287, ch'egli ne ha fatto). Un'osservazione assai strana a farsi è che il nucleo della cometa, invece di projettarsi in nero sul Sole, e di sembrare più scuro dell'atmosfera cometaria che lo circondava, parve *luminoso* e come in ebollizione: era dunque incandescente, altrettanto brillante quanto il Sole stesso. Si attendeva un passaggio analogo il 18 novembre 1826, ma il tempo cattivo

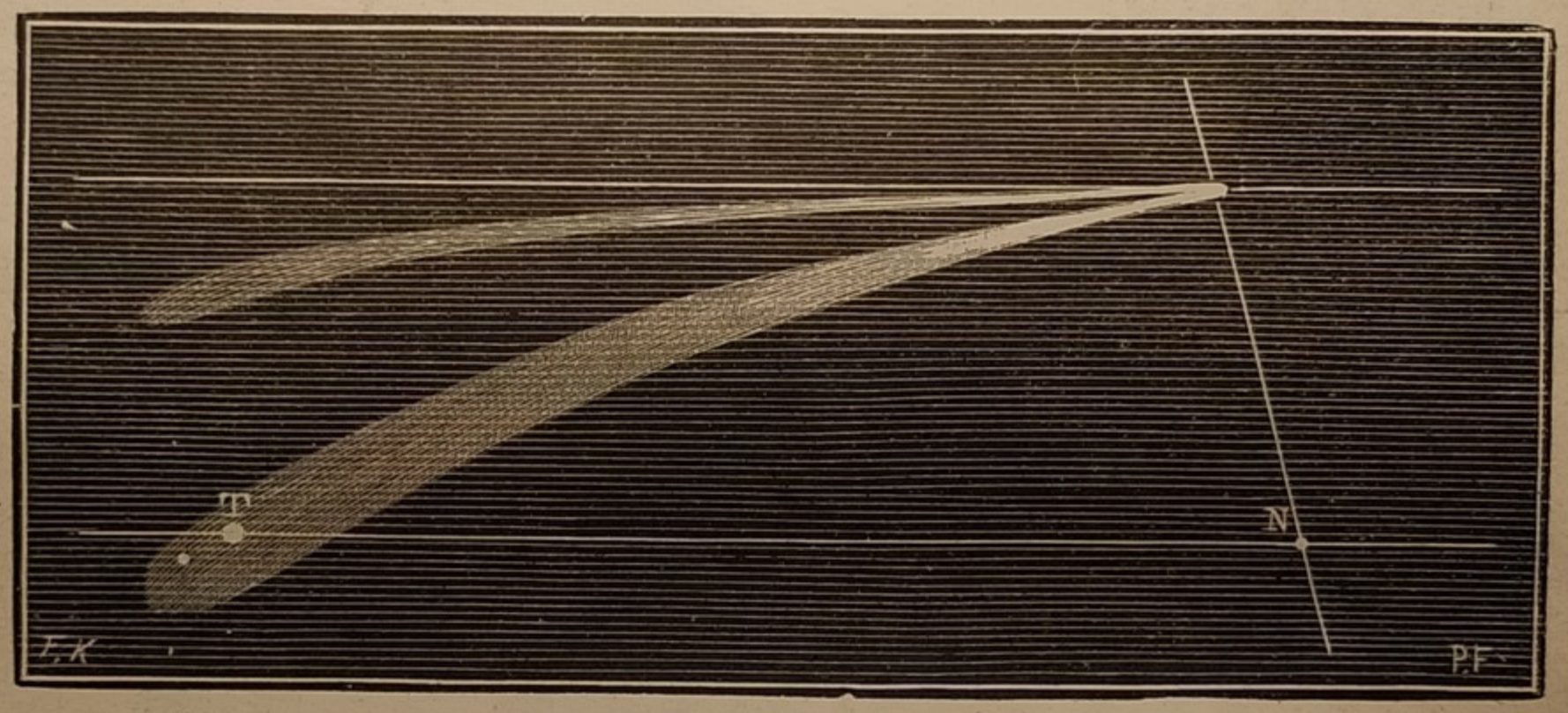


Fig. 286. — Passaggio della Terra nella coda della cometa del 1861.

ha cagionato quel giorno un disinganno universale in tutti gli astronomi; una nebbia oltremodo fitta regnò su tutta l'Europa durante l'intera giornata; Gambart a Marsiglia, e Flaugergue a Viviers, giunsero tuttavia ad osservare il Sole in mezzo ad uno squarcio della nebbia, ma era pallido e non scorsero nessuna forma insolita.

Le teste delle comete sono dunque certamente costituite di materiali oltremodo leggieri, la cui densità varia d'altra parte da una cometa all'altra e anche nella medesima cometa nel breve periodo di pochi dì: così, per esempio, mentre il 7 novembre 1828 Struve scopriva una stella di 11ª grandezza attraverso la cometa di Encke, ventun giorni più tardi, Wartman vide invece una stella di 8ª grandezza sparire dietro la stessa cometa condensata allora otto volte più che alla data precedente. Parecchie comete sembrano interamente nebulose; altre pajono formate di un nucleo solido o liquido in-

volto in una nebulosa; altre hanno presentato delle granulazioni luminose indicanti la presenza di parecchî nuclei. — Dopo le esperienze di polarizzazione incominciate da Arago sulla cometa del 1819, noi sappiamo che le comete splendono in parte per luce solare riflessa, alla guisa dei pianeti. Ma i nuclei che talora sono sì luminosi, aggiungono essi a questa riflessione una luce loro propria? La cosa è probabile, almeno per alcune (ne fa esempio quella del 1819); tuttavia l'analisi spettrale non ha peranco risolto interamente questo problema, atteso che la prima cometa esaminata allo spettroscopio fu quella del 1864, e che dopo quest'epoca non vi fu più una sola cometa di prim'ordine. In parecchie, il nucleo parve brillare di luce propria, incandescente; ma il fatto non è ancora bene accertato.

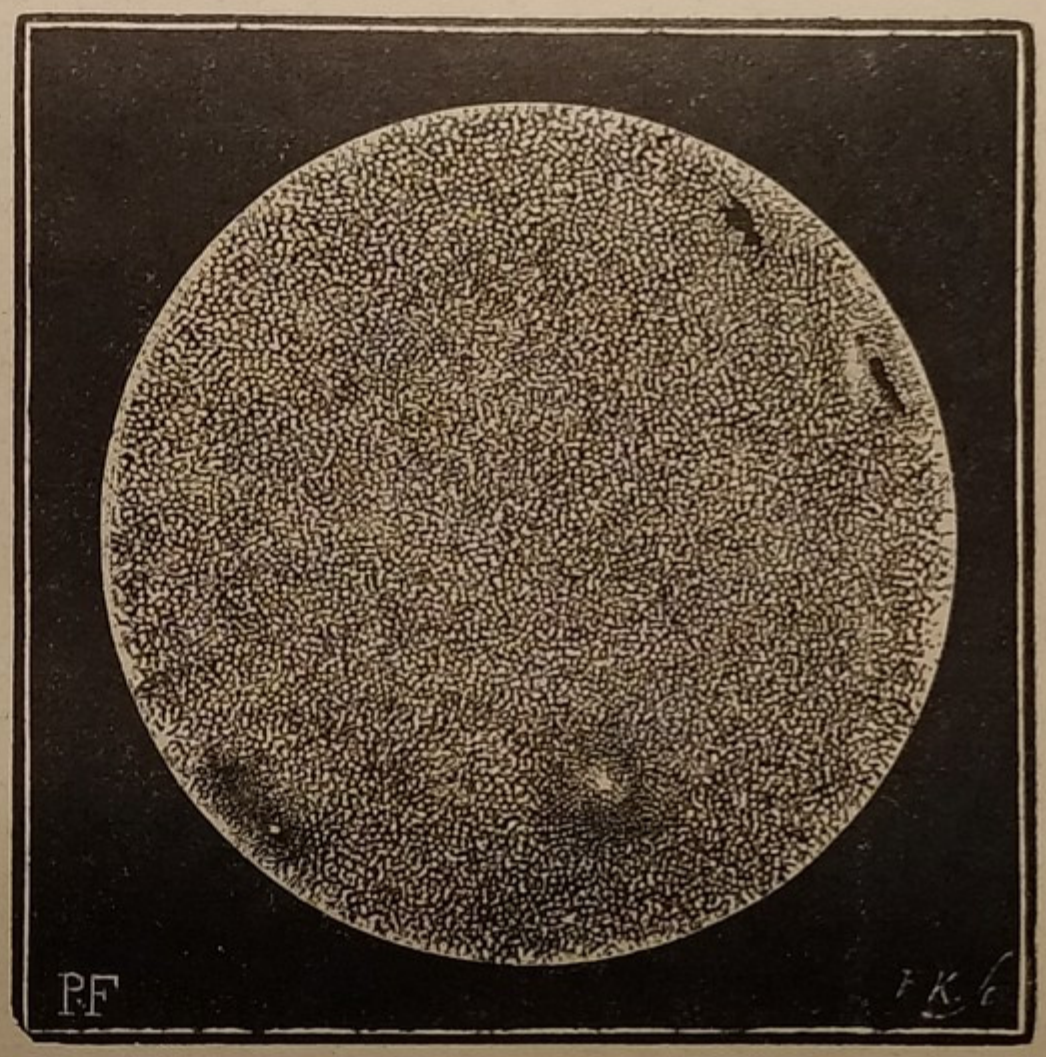


Fig. 287. — La cometa del 1819 che passa dinanzi al Sole.

In generale lo spettro delle comete offre tre zone brillanti, che non coincidono con alcuna delle righe principali dello spettro solare (la seconda di queste zone occupa il posto della piccola riga *b*, doppia). Questa seconda zona altresì è la più luminosa; essa è verde, la prima a sinistra è gialla, e la terza trovasi nel blu. Nel 1868 il P. Secchi ha rappresentato nel disegno che riproduciamo (fig. 288), gli spettri delle due comete periodiche di Winnecke e Brorsen, osservate quell'anno: la prima offre una certa rassomiglianza, o, per dir meglio, una identità molto strana collo spettro del *carbonio* osservato nella luce di una lampada. La coincidenza delle righe è veramente rimarchevole.

L'analisi fatta da Huggins lo ha condotto precisamente allo stesso risultato. Nella citata figura si vede segnata superiormente la parte di spettro solare che corrisponde ai nostri spettri, e la scala di lunghezza delle zone: si vede che queste tre zone cominciano presso le righe 1070, 1295 e 1590. Questa cometa sarebbe dunque del *carbonio volatilizzato?* È carbonio combinato sia coll'ossigeno, sia coll'idrogeno? Come mai tali combinazioni possono trovarsi allo stato di vapore nelle comete? — Nuovo mistero.

Non bisogna però affrettarsi a concludere, come hanno fatto parecchî, che « *tutte le comete sono fatte di carbonio* » sia idrogeno carbonato, sia ossido

di carbonio, sia acido carbonico; giacchè gli spettri di questi differenti astri, quantunque presentino l'analogia di tre zone similmente disposte, non sono perciò assolutamente identici, e del resto le condizioni della materia diffusa nel vuoto interplanetario, di quella dei nostri laboratorî e di quella della fornace solare, sono tanto differenti, che aspetti analoghi potrebbero benissimo esser presentati da sostanze affatto diverse. Si è del pari trovata nello spettro di certe comete una rassomiglianza abbastanza grande con quello dei gas che si svolgono pel calore negli aeroliti, con quello delle stelle cadenti, con quello delle aurore boreali e con quello della scintilla elettrica. Sulla fig. 288 abbiam già potuto notare che le tre zone della cometa di Brorsen somigliavano molto meno allo spettro del carbonio di quelle della cometa precedente.

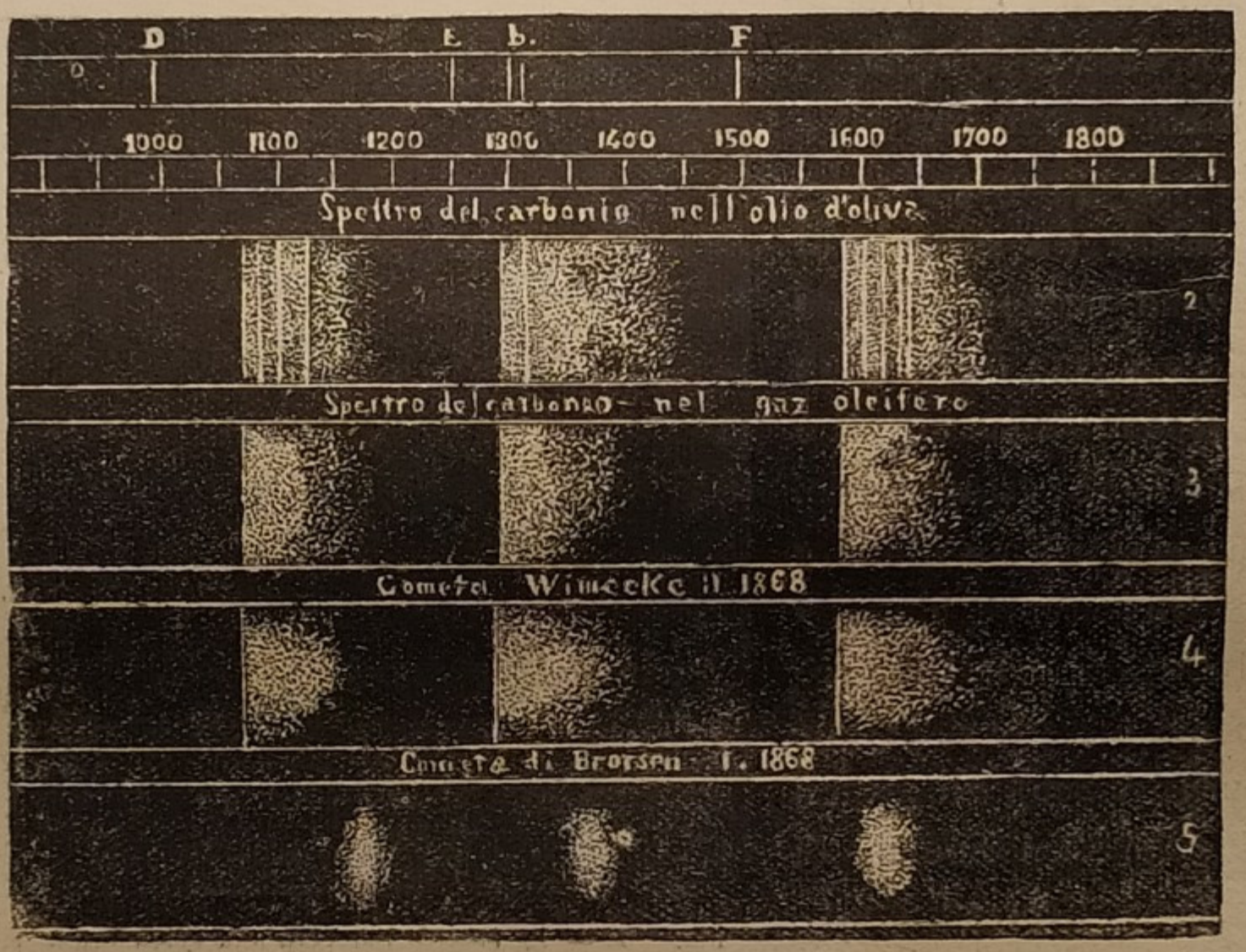


Fig. 288. — L'analisi spettrale delle comete.

Nel 1874, una cometa che pareva volesse rivaleggiare in splendore con quelle del 1858 e 1861, quella scoperta da Coggia a Marsiglia il 17 aprile di quell'anno, fu l'oggetto di un gran numero di osservazioni. Potrei riprodurre qui, fra gli altri, il disegno che ne ho fatto al telescopio l'11 giugno, e che mostrava un piccolo nucleo brillante circondato da una nebulosità vaporosa. La luce generale somigliava a quella di un raggio di sole che penetra in una camera oscura e illumina i pulviscoli dell'aria. Essa diminuiva d'intensità coll'allontanarsi del nucleo, ma si estendeva abbastanza lontano per annunziare la presenta della cometa quand'anche la testa di questa non fosse nel campo del telescopio. Il *tono* della luce era di un bianco pallido verdastro che contrastava singolarmente col tono caldo e più giallo delle vicine stelle. Nel mese di luglio la

cometa divenne visibile all'occhio disarmato, come ognuno ricorda, e prese proporzioni abbastanza grandiose. Il miglior disegno che ne sia stato fatto è quello riprodotto nella fig. 289, e che si deve al signor Newall, dilettante inglese, che possiede attualmente in casa propria, a Newcastle, il più potente cannocchiale di Europa; l'objettivo ha 63 centimetri di diametro, e la lunghezza focale è di 10 metri. Costò un quarto di milione (1).

Un gran numero di osservatori, specialmente il signor Rayet a Parigi, hanno studiato lo spettro di questa cometa: le tre zone brillanti erano quasi riunite da una striscia orizzontale continua (fig. 290). Una considerevole porzione della luce di questa cometa proveniva dal Sole per via di riflessione. Nella

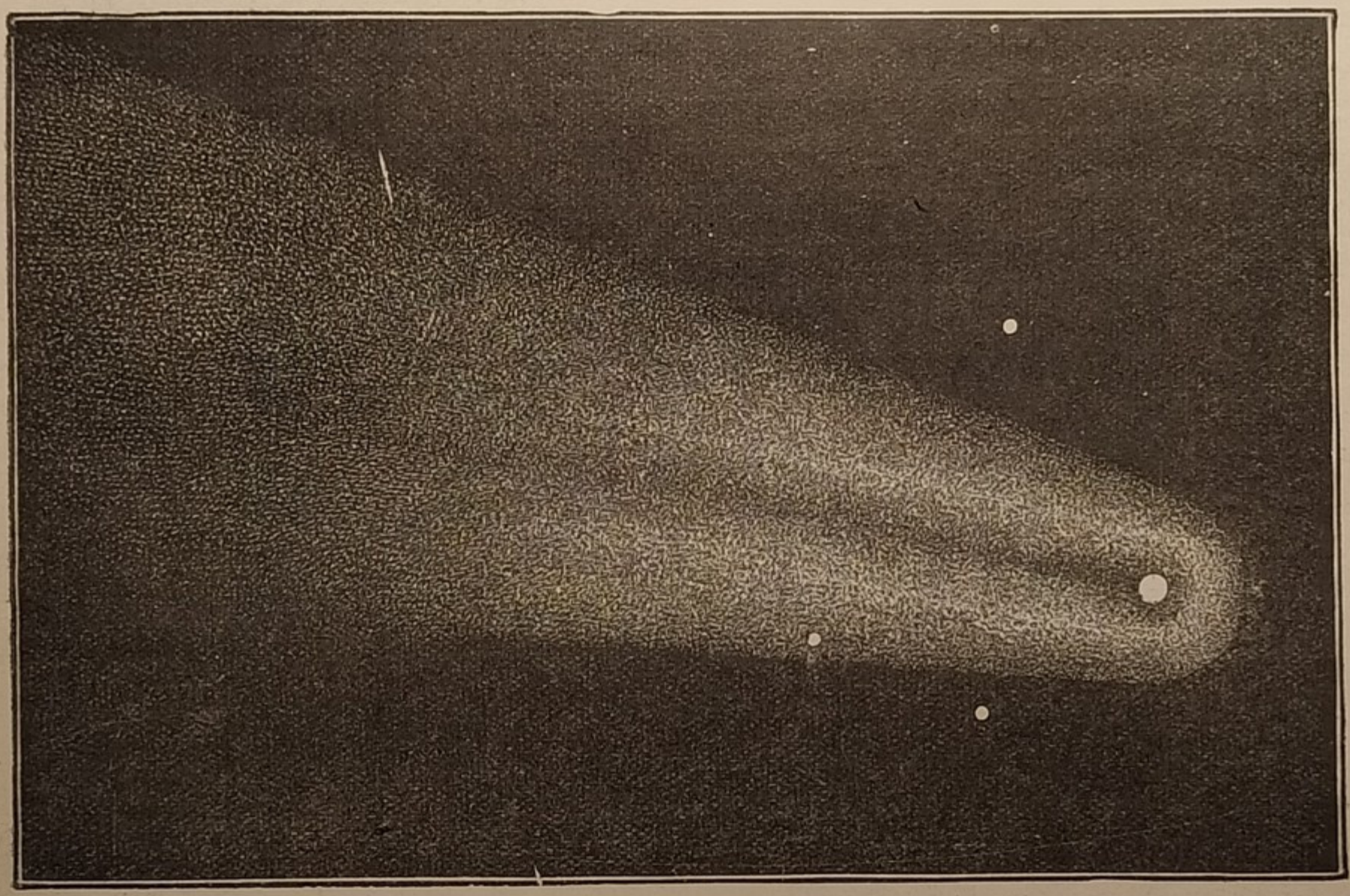


Fig. 289. — La cometa del 1874 (III, Coggia), il 6 luglio 1874.

coda non v'era materia solida incandescente in quantità sensibile. Le tre zone coincidevano *presso a poco* con quelle del carbonio. La cometa dal 1873 (IV, Henry), ha presentato al momento del suo maggior splendore l'aspetto e lo spettro qui appresso rappresentati (fig. 291); la seconda zona era più lunga delle altre due: esse occupavano le posizioni delle righe del carbonio, ed erano riunite da un leggerissimo spettro continuo. Aggiungiamo ancora che la cometa di Encke, analizzata nelle sue apparizioni del 1871 e del 1875, ha mo-

(1) Non è il maggior cannocchiale che esista oggi, però, giacchè, non è molto, ne fu ultimato uno in America, per la specola di Pulkowa, il cui objettivo misura metri 0,76 di diametro, e il tubo metri 14 di lunghezza. Se ne sta altresì costruendo un altro con un objettivo di 81 centimetri di diametro.

IL TRAD.

strato nel suo spettro tre zone che coincidono *presso a poco* con quelle dell'idrogeno carbonato. Si crede aver anche riconosciuto in parecchie la riga brillante dell'azoto.

Tale è lo stato attuale delle nostre cognizioni sulla costituzione fisica e chimica delle comete. Importa di dire tutto quello che si sa, ma niente di più. L'analisi di questi astri singolari è lungi dall'essere terminata. Sono essi veramente costituiti di carbonio? Ognuno sa oggidì che il diamante è carbonio puro, e che nulla è più facile quanto il ridurre una di queste pietre preziose in carbone. Agli occhî del chimico, il brillante più splendido, il Reggente o il Gran Mogol, sono semplicemente dei pezzettini di carbone riusciti alla perfezione. Le comete sarebbero esse dunque i diamanti del cielo? Dopo aver spaventato le popolazioni planetarie col loro aspetto sempre strano e spesso sinistro, si faranno esse ammirare come pietre preziose dello scrigno celeste? La loro importanza sarebbe ben superiore ancora se esse portassero in sè medesime le prime combinazioni del carbonio, giacchè è probabile che egli sia per mezzo di queste combinazioni che la vita vegetale e animale incominciò sulla Terra e sugli altri pianeti, e per tal modo siffatti astri vagabondi potrebbero essere i disseminatori della vita su tutti i mondi. Meglio ancora: d'onde viene il primo seme, il primo germe della vita terrestre? O è desso il prodotto di una generazione spontanea, oppure è disceso dal cielo. Nel primo caso, che è il più probabile, ogni mondo porta in sè medesimo, fino dalla sua ardente genesi, i principî stessi del suo sviluppo futuro e dell'albero della vita che deve crescere alla sua superficie e coprirlo coi suoi fertili rami; nel secondo caso le meteoriti che seguono gli strascichi cometari possono provenire da mondi lontani di cui attraverso lo spazio trasportano i residui, fra i quali possono conservarsi vivaci dei germi latenti, pronti a cadere sopra una terra preparata, ed a schiudersi quivi in nuovi condizioni di esistenza (1).

Del resto, come lo dicemmo poco fa, le comete possono essere dei corpi d'origine molto diversa. Le une sarebbero piccole nebulose afferrate al loro passaggio all'attrazione del Sole nel suo corso intersiderale verso la costellazione di Ercole; altre, degli ammassi cosmici viaggianti attraverso lo spazio e che arrivano nella sfera dell'attrazione solare; altre possono essere il risultato di esplosioni lanciate da una stella; altre ancora possono essere projettate dal nostro stesso focolajo solare; altre possono ben anche essere ruderi di mondi

---

(1) La seconda ipotesi dell'imaginoso autore parmi inferma pel suo principio: i mondi lontani disciolti, di cui le meteoriti porterebbero i germi della vita sopra mondi nuovi, quelli là da che sarebbero stati fecondati, dove avrebbero preso essi stessi i primi germi di tutte le vite? — Resta dunque la sola prima ipotesi attendibile — poichè l'altra è un circolo vizioso, ed è illogica. Che le correnti di aeroliti possano servire, precipitandosi nei Soli, a mantenerne l'alto calore a beneficio dei pianeti, è ammissibile; ma che la vita di questi dipenda da quelle, finora è cosa troppo poco spiegabile. IL TRAD.

distrutti, cadenti nella notte eterna fino a che una nuova attrazione le colga al passaggio e le ricacci nei crogiuoli della vita. Tutto induce a credere che esistano qua e là, disseminate nelle plaghe planetarie, natanti sulle onde eteree, alcune comete sconnesse, rimasugli dei naufragi che tanti milioni di mondi hanno potuto subire: sono gli avanzi di quei navigli, incapaci per la maggior parte di compiere la loro traversata senza avarìe. Tuttavia, siffatti frammenti più o meno disgregati non errano punto a caso nello spazio; si muovono entro orbite la cui forma dipende dalle modificazioni portate alla loro primitiva velocità dalle azioni perturbatrici. Il numero delle comete che entrano nel nostro sistema è, secondo ogni probabilità, così immenso, dalle centinaja di milioni di anni ch'è lecito assegnare alla durata di questo sistema, gli spazî interplanetarî debbono essere solcati da una prodigiosa moltitudine di correnti di materia, di comete disgregate, di frammenti di comete che i pianeti non possono a meno d'incontrare ben di sovente.

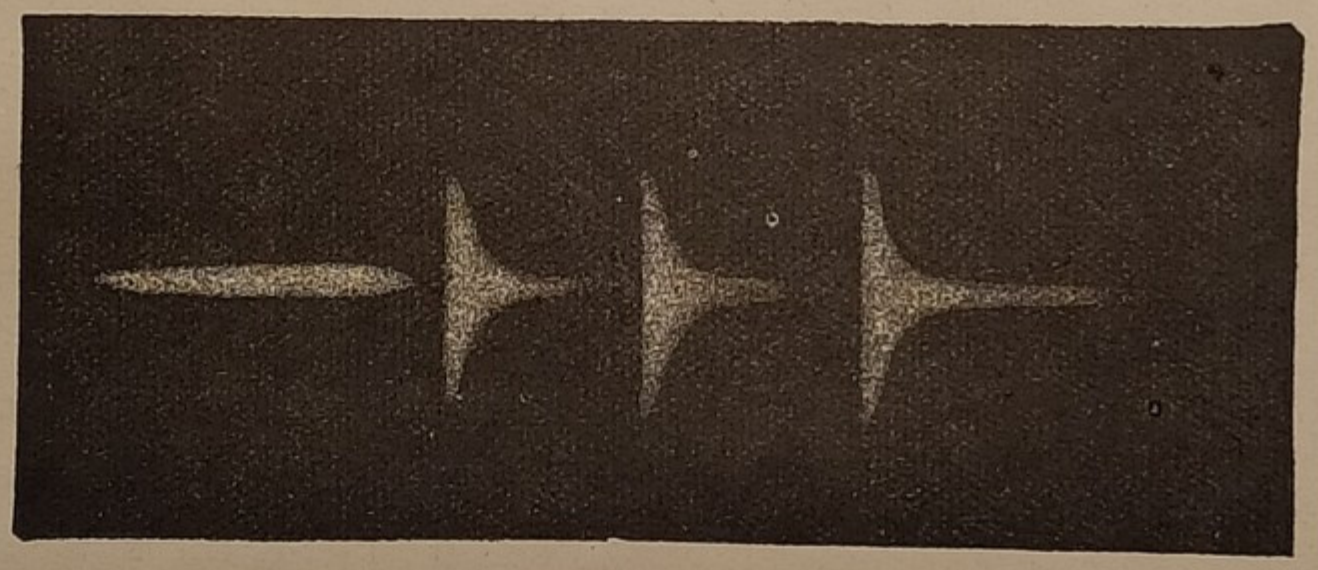


Fig. 290. — Lo spettro della cometa Coggia.

Abbiamo già veduto che un corpo lanciato dal Sole con una velocità di 608 000 metri si allontanerebbe da esso indefinitamente: esso sarebbe una vera cometa. Sembra certo che velocità siffatte esistono realmente e che delle projezioni solari possono giungere sino a noi raffreddate sotto forme di aeroliti. Poichè le altre stelle sono dei Soli come il nostro, è presumibile che delle projezioni lanciate dal loro seno possono del pari giungere sino a noi. L'attrazione del Sole non può imprimere ad un corpo, che arrivando dall'infinito incontri la Terra, una velocità superiore a 72 000 metri al secondo: qualunque bolide che si riconoscesse giungere a noi con una velocità maggiore di quella, recherebbe con sè la sua fede di nascita e proverebbe che fu lanciato da una stella o da una esplosione stellare: tale è il caso di quello del 5 settembre 1868, se sono esatti i calcoli di cui parleremo più innanzi.

Qualunque cometa o qualunque corrente meteorica che segue un'orbita iperbolica, ha una velocità superiore a quella che gli può dare l'attrazione del Sole, ed è certamente entrata nella sfera d'attrazione solare con una ve-

locità originaria considerevole. Non v'ha altro modo di spiegare le velocità infrastellari delle comete e dei bolidi iperbolici, se non risalendo il loro corso fino al momento in cui la loro sostanza è stata projettata da una stella con una velocità superante di parecchî chilometri al secondo quella colla quale un corpo raggiungerebbe quella stella, se fosse stato attratto da essa sola da una distanza infinita. Quantunque l'influenza di un pianeta come Giove e Saturno, possa, a rigore, trasformare una parabola in iperbole, questo fatto non potrebbe verificarsi che in via affatto eccezionale, e le orbite iperboliche delle comete e dei bolidi indicano delle origini di forza superiori alle semplici attrazioni stellari.

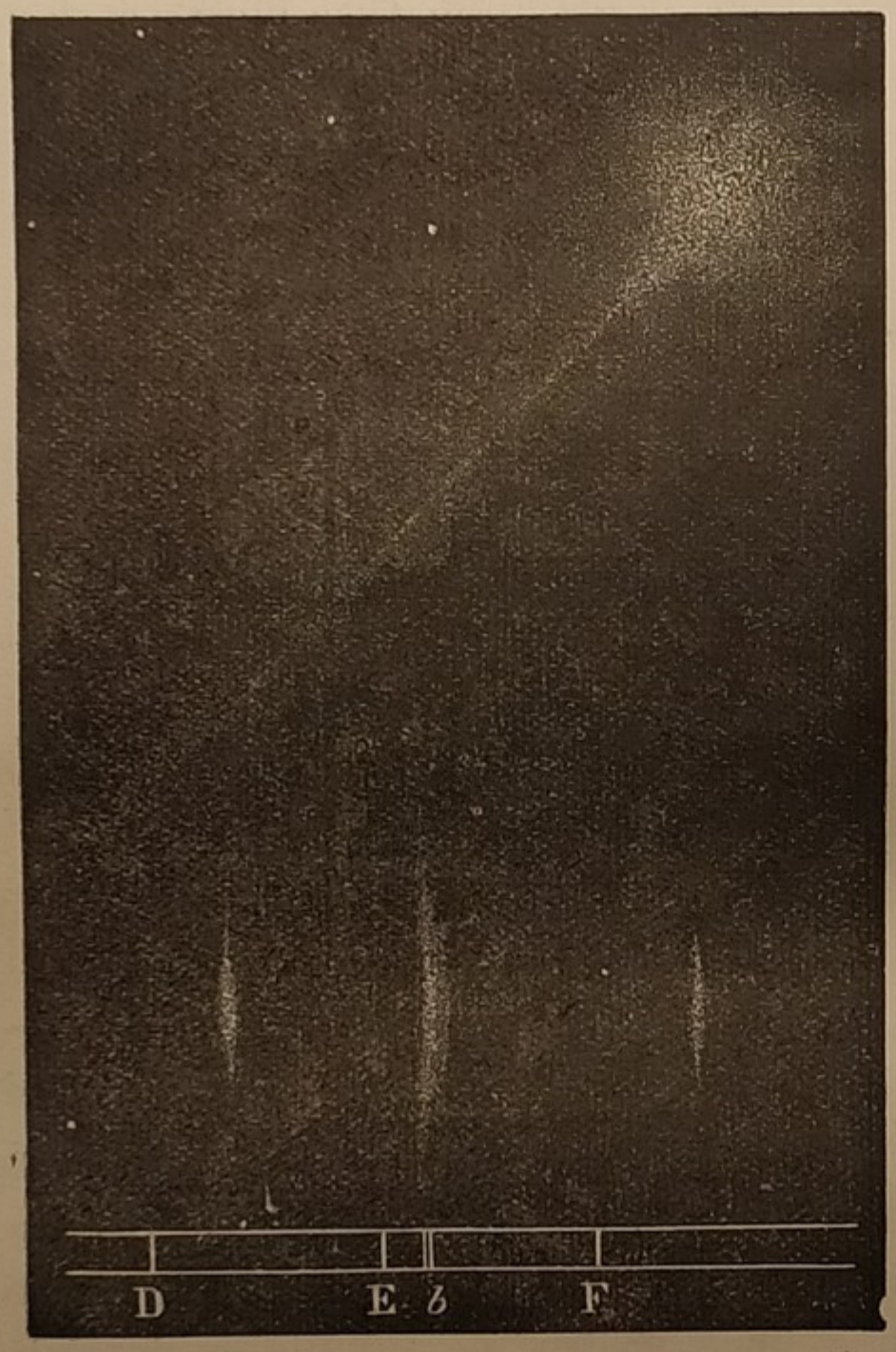


Fig. 291.
La cometa del 1873 (IV, Henry) e il suo spettro

L'afelio di qualunque cometa mostra a dito la regione celeste dalla quale ci fu mandata. Vi sono sistemi di comete che sembra abbiano viaggiato insieme nello spazio e che sono state separate dall'attrazione del Sole e dei pianeti. Così l'astronomo Hoek ha mostrato come le comete III del 1860, I del 1861 e VI del 1863 formavano un gruppo prima del loro ingresso nel sistema solare; lo stesso fatto fu riconosciuto riguardo ad altre comete. Dietro le ricerche di Kirkwood, le comete I del 1812, e IV del 1846 sono state introdotte nel nostro sistema dall'attrazione di Nettuno, presso al quale sono passate verso l'anno 695 av. C., formando là il loro primo afelio a 272° di longitudine

Si nota una preponderanza di afelî dalla parte di Arturo e della costellazione di Ercole, proveniente dalla nostra traslazione generale verso questa regione del cielo: se ci giungono alquante più comete da questa banda, ciò vuol dire che noi andiamo loro incontro.

S'imagini il lettore qual lungo viaggio esse hanno fatto per venir di là fin qui! S'imagini durante quanti anni esse hanno dovuto volare attraverso l'oscura immensità per venire a immergersi nei fuochi del nostro Sole!... Se noi teniamo conto delle direzioni secondo cui certe comete ci arrivano, e se assegnamo alle stelle situate in quella direzione le distanze minime compa-

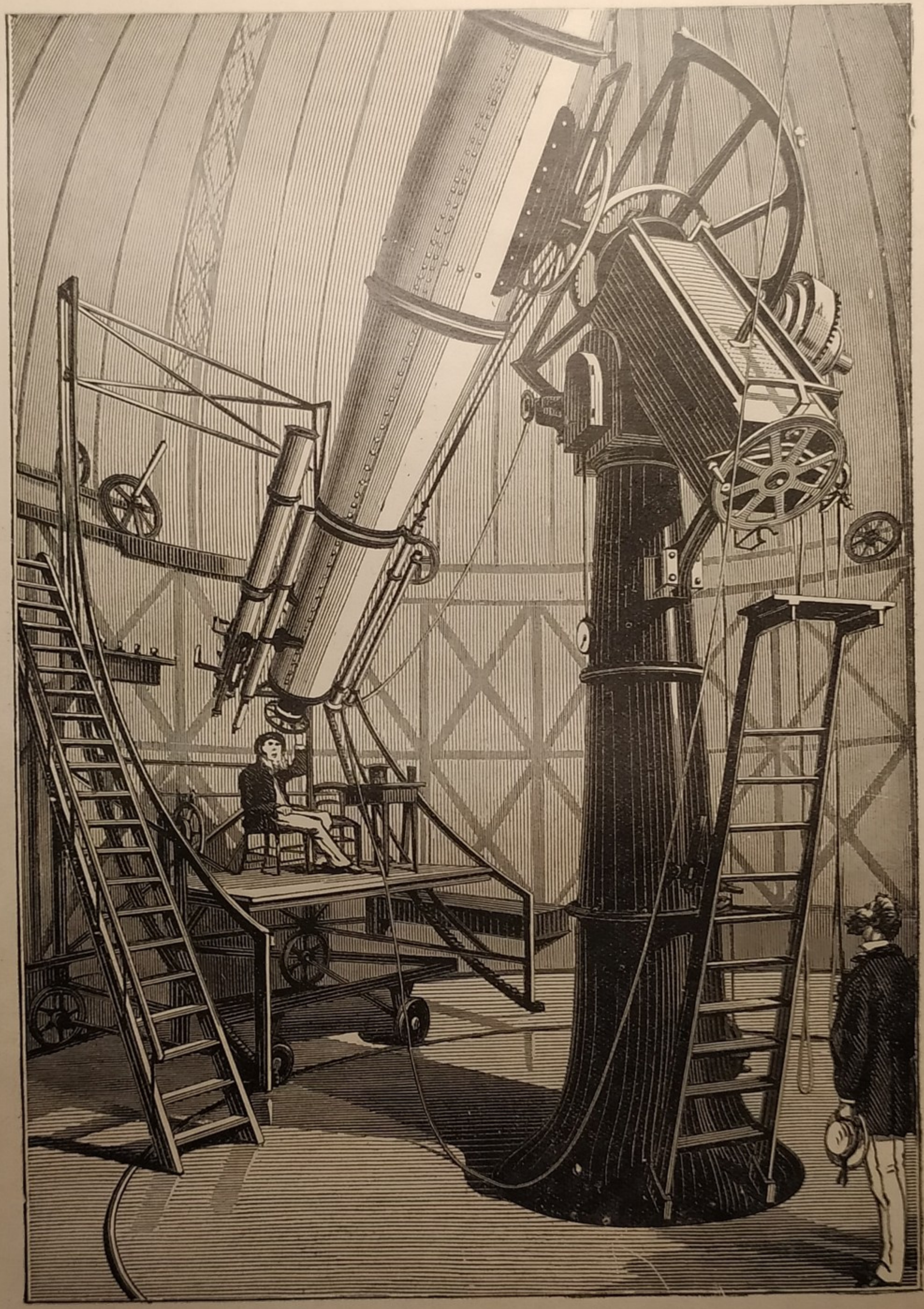


Fig. 292. — Il cannocchiale colossale del signor Newall.

tibili coi fatti conosciuti, noi troviamo che queste comete sono certamente uscite dalla loro ultima stella da più di... *venti milioni d'anni!*

Ponendoci così, dall'alto delle loro celesti apparizioni, tanti punti interrogativi sui problemi più grandiosi della creazione, le comete offrono ai nostri occhî un interesse incomparabilmente maggiore di quello di cui la superstizione ciecamente le circondava ne' secoli addietro. Quando si riflette un istante che tal cometa che brilla dinanzi ai nostri occhî nel cielo è giunta originariamente dalle profondità del cielo, ha viaggiato per milioni di anni per giungere fin qui, e per conseguenza gli è ancora a milioni d'anni che bisogna valutare la sua età se si vuol farsene un'idea, non si può sottrarsi ad un certo senso di rispetto verso questo strano visitatore, un testimonio di ère scomparse, che ci si presenta come un'eco del passato, come la più antica testimonianza che noi abbiamo dell'esistenza della materia. Ma che mai diciamo? Esse non sono nè vecchie, nè giovani, queste creature; non v'ha nulla di vecchio, nulla di nuovo; tutto è attuale; i secoli del passato contemplano i secoli dell'avvenire, mentre tutto lavora, tutto gravita, tutto circola nella eterna trama. Voi guardate soprapensieri il fiume che scorre così naturalmente a' vostri piedi e credete di rivedere il fiume della vostra infanzia; ma l'acqua d'oggi non è quella di jeri, non è più la stessa sostanza che voi avete sott'occhio, e mai, mai, quella riunione di molecole d'acqua che voi considerate in quel momento, ritornerà lì, mai, fino alla consumazione dei secoli!

Se la comparsa delle comete non presagisce assolutamente nulla che riguardi gli avvenimenti microscopici della nostra effimera storia umana, lo stesso non si può dire degli effetti che il loro incontro col nostro pianeta errante potrebbe produrre. Un simile incontro non ha nulla di impossibile, nessuna legge della meccanica celeste si oppone al fatto che due astri si urtino nel loro corso, si spezzino, si polverizzino, si riducano vicendevolmente in vapore (1).

Quali sarebbero gli effetti di così fatto avvenimento? Possiamo credere con Whiston, che un tale incontro cagionerebbe un diluvio universale? o con Maupertuis, che farebbe passare l'equatore ai poli trasportando questi all'equatore e ci abbrustolirebbe « come un popolo di formiche nell'acqua bollente che il contadino versa su di esse? » — o con Pingré ch'esso potrebbe

---

(1) L'avvicinarsi di una cometa non si è mai annunciato con un effetto astronomico e meteorologico qualsiasi? La coincidenza della cometa del 1811 coi grandi calori e le abbondanti vendemmie di quell'anno ha fatto supporre che le comete potessero avere un'influenza calorifica sulle temperature terrestri; è d'uopo confessare ancora che la bella cometa del 1858 sembra abbia confermato questo rapporto. Ma bisogna ben guardarsi dal generalizzare nulla sotto questo riguardo; oltre che noi non vediamo in nessun modo nè come, nè perchè le apparizioni di grandi comete potrebbero condurre delle annate in particolar modo calde o coincidere con esse, l'osservazione prova che talune splendide comete coincidettero del pari con anni di gran freddo; è quello che accadde specialmente nel 1305, anno durante il quale la cometa di Halley spaventò le popolazioni e coincidette con uno degli anni più rigidi che gli annali meteorologici registrino.

portarci via la Luna? — o con Lambert, ch'esso porterebbe via anche la Terra e ci trascinerebbe « in un inverno di parecchî secoli al quale nè uomini, nè animali potrebbero resistere? » — o con Laplace, ch'esso farebbe uscire i mari dai loro antichi bacini per riversarli sui continenti, annientando delle specie intere e ponendo l'umanità a due dita dalla sua perdita? — Possiamo noi credere a consimili catastrofi? — No: la conoscenza che noi abbiamo oggi della debolezza delle masse cometarie vi si oppone formalmente.

Dobbiamo noi dunque riderci affatto di esse, e trattarle, con sir John Herschel e Babinet, come dei *nulla visibili?* — sarebbe cadere nell'estremo opposto.

Parecchie comete pare che abbiano un nucleo solido. Dei corpi solidi hanno già incontrato la Terra, sono caduti alla sua superficie, hanno ucciso degli uomini e incendiato delle abitazioni, ciò che vedremo nel capitolo seguente. Il maggior numero dei meteoriti raccolti, sono, è vero, dei piccoli frammenti del peso di qualche chilogrammo o di qualche decina di chilogrammi; ma ne caddero anche di quelli che pesavano parecchie tonnellate. Qui non v'ha più una questione di principio, ma solamente un rapporto dal piccolo al grande. Ora, si sono misurati dei bolidi che hanno, per così dire, lambito la Terra e che avevano parecchî chilometri di diametro. Il nucleo della cometa del 1011 misurava 690 chilometri di diametro; quello della cometa del 1843 ne misurava 8000; 9000 quello della cometa del 1858; noi ci avviciniamo a dimensioni pari a quelle del diametro terrestre; quello della cometa del 1769 era di 44 000 chilometri! Qualunque sia la natura intrinseca di questi nuclei, non v'ha dubbio che se uno di essi incontrasse sul suo cammino il nostro globo correndo l'uno e l'altro con una velocità di più di centomila chilometri all'ora, noi ci accorgeremmo ammirabilmente dell'urto (1).

Ciò che può accadere più facilmente, è il passaggio della Terra attraverso l'atmosfera di una cometa. Infatti, mentre il nucleo probabilmente solido della cometa del 1811 non misurava che 173 leghe di diametro, l'atmosfera che lo involgeva (è la più estesa che siasi osservata) raggiungeva le 450 000 leghe

---

(1) L'incontro di questi due convogli-lampo non sarebbe forse inoffensivo. Un continente sfondato, un regno schiacciato, Parigi, Londra, Nuova York o Pekino annientati, sarebbero uno dei più piccoli effetti della celeste catastrofe. Un tal avvenimento sarebbe evidentemente della più alta importanza per gli astronomi collocati a sufficiente distanza dal punto dell'incontro, sopratutto se potessero avvicinarsi al luogo del sinistro ed esaminare i cocci cometari rimasti alla superficie del suolo; non arrecherebbero loro senza dubbio nè oro, nè argento, ma dei campioni mineralogici, forse del diamante, o fors'anche certi residui vegetali od animali fossili ben più preziosi di una pepita d'oro della grossezza della Terra. Un così fatto incontro sarebbe dunque eminentemente desiderabile dal punto di vista della scienza pura; ma è già troppa presunzione lo sperarlo, giacchè si può ammettere con Arago che vi sono 280 milioni di punti di probabilità contro uno, che essa non si verifichi. Tuttavia il caso è tanto grande! Non bisogna mai disperare affatto.

Abbiamo visto più sopra che il Sole ha 345 500 leghe di diametro; quella cometa era dunque *più voluminosa del Sole;* esso lo superava del doppio in grossezza! Che una simile cometa passi solamente a duecentomila leghe da noi, e noi ci troviamo impigliati nella sua testa (1).

Pertanto nulla si oppone a che un giorno o l'altro una cometa s'incontri colla Terra; ma l'effetto prodotto non può guari essere determinato in precedenza, poichè dipenderebbe dalla massa, dalla densità e dalla costituzione della sezione della cometa attraversata. Una combinazione chimica, una mistura di acido carbonico e di altro gas deleterio nella nostra atmosfera respirabile, un avvelenamento generale dell'umana specie, un'asfissia universale, una esplosione inattesa, una repentina elettrizzazione, una trasformazione del moto in calore, un urto parzialmente o totalmente letale, sono tutti effetti possibili. Questi astri non sono dunque assolutamente inoffensivi. Ma affrettiamoci a soggiungere che, nonostante il numero considerevole delle comete e la diversità delle loro corse scarmigliate intorno al Sole, è probabile che una simile catastrofe non accadrà mai, fino alla morte naturale della Terra medesima, perchè lo spazio è immenso, e la nostra isola galleggiante fugge con una rapidità prodigiosa, e perchè il punto dell'infinito che noi occupiamo ad ogni istante della durata è impercettibile nell'immensità.

---

(1) A memoria d'uomo, un tal avvenimento non è ancora accaduto; ma una cometa ci ha già, passando toccati colla sua coda, senza contare la pioggia di stelle filanti della cometa di Biela, di cui toccammo più indietro. Abbiamo veduto infatti, che il 30 giugno 1861 la grande cometa di quell'anno ci ha probabilmente sfiorati colla sua coda la cui lunghezza superava allora un milione di leghe. Dietro quello che abbiam detto circa la coda delle grandi comete, non deve farci stupore che gli abitanti della Terra abbiano dormito quella notte là come il solito, e che non abbiano notato nulla di strano al loro destarsi. Soltanto un astronomo inglese, desto di buon'ora, e stando ad osservare il cielo, scriveva sul suo giornale: « Luce strana, gialla, fosforescente, che prenderei per un'aurora boreale se già non cominciasse ad albeggiare. »

CAPITOLO IV.

Stelle filanti. — Bolidi, aeroliti. — Orbite delle stelle filanti nello spazio. Pietre cadute dal cielo.

Nella notte limpida e trasparente, una stella lontana pare staccarsi dal firmamento, corre in silenzio sotto la vôlta notturna, fila, fila e scompare. Il cuore provato dai dolori terrestri crede che il cielo si occupi dei nostri destini, e che quella stella cadente annunzii la dipartita di un'anima per l'altra vita; la giovinetta, il cui sguardo pensoso s'è fitto per un istante sulla meteora, si affretta a formulare un voto nella speranza di vederlo in breve esaudito; il poeta pensa che le stelle, fiori del cielo, sbocciano nei campi celesti, e crede vedere i loro petali luminosi portati via dai venti superiori nella notte infinita; l'astronomo sa che quell'astro effimero non è nè una stella, nè un'anima, ma una molecola, un atomo cosmico, un frammento più o meno esiguo in sè stesso, ma il cui insegnamento può esser grande se ci apprende d'onde viene e come incontri la Terra nel suo cammino.

L'apparizione di una stella cadente è un fatto tanto frequente, che non v'ha forse uno dei nostri lettori che non l'abbia osservato più volte. Forse alcuni ebbero la fortuna molto più rara di vedere non soltanto *una stella cadente*, ma un fenomeno più splendido di un effetto talora molto commovente: il passaggio di un *bolide* infiammato mentre attraversa rapidamente lo spazio diffondendo tutt'intorno una luce smagliante, un globo di fuoco che si lascia dietro uno strascico luminoso, e che talvolta scoppia con un'esplosione analoga a quella di un razzo colossale, con una detonazione rimbombante come le cupe scariche dell'artiglieria. Forse alcuni hanno anche potuto per un caso più fortunato e ancor più raro, raccogliere un frammento di bolide scoppiato, un pezzo caduto dal cielo, un *aerolito*, ossia una pietra discesa dalle altezze dell'atmosfera.

Ecco tre fatti distinti, e che pajono nonpertanto legati tra loro da rapporti d'origine.

Il primo punto da esaminare nello studio delle stelle cadenti è l'altezza a cui esse si mostrano. Due osservatori collocati in due luoghi fra loro abba-

stanza discosti, osservano, ciascuno per proprio conto, il tragitto di una stessa stella cadente fra le costellazioni. La trajettoria non può essere assolutamente la stessa per entrambi a cagione della prospettiva. Calcolando la differenza, si ottiene l'altezza. In generale questa altezza è di 120 chilometri al principio dell'apparizione, e di 80 alla fine del passaggio visibile.

Tutte le notti dell'anno non si rassomigliano in quanto al numero di stelle cadenti. Vi sono in questo numero delle periodicità *annuali, mensili* e *diurne,* accertate da osservatori perseveranti del cielo, fra i quali merita particolare menzione il signor Coulvier-Gravier, francese.

Le epoche più notevoli sono la notte del 10 agosto e il mattino del 14 novembre. Queste date fisse ci vietano di formulare una qualsiasi teoria che cercasse di attribuire questo fenomeno a cause meteorologiche. L'apparizione del mese d'agosto dura parecchî giorni, ed ha il suo massimo il giorno 10; quella di novembre non ha luogo che il mattino del 14. In quest'ultimo, le meteore sono state talvolta così numerose da essere paragonate a pioggie di fuoco. Dopo il 1833 si sono studiati i racconti degli antichi cronisti, e il signor Newton americano ha riconosciuto che le pioggie di fuoco che hanno in certe epoche gettato nello spavento le popolazioni, non erano altro che apparizioni delle stelle cadenti di novembre.

Questa apparizione non ha tutti gli anni la stessa importanza, dacchè la sua intensità varia periodicamente: il massimo ritorna ogni trentatrè anni circa; l'apparizione si ripete in seguito per parecchî anni, poi diminuisce gradatamente di intensità, e da ultimo cessa di farsi notare per un lungo periodo, per riprodursi più tardi e ripassare pel massimo in capo a trentatrè anni. Inoltre lo sciame di asteroidi del mese di novembre avendo un debole spessore, la Terra non impiega che poche ore ad attraversarlo; perciò il massimo non è visibile che in alcune regioni circoscritte che variano ogni anno. L'apparizione del mese d'agosto è più costante, ma non è mai così splendida: essa pare vada soggetta a bizzarre fluttuazioni di intensità.

Si è avvertito che le trajettorie delle varie meteore divergono da un istesso punto del cielo che si chiama *punto irradiante.* Questo punto si trova fra le costellazioni di Perseo e di Cassiopea per le meteore del 10 agosto, e per quelle dell'11 novembre in quella del Leone. Si è determinato un gran numero di altri punti irradianti per le differenti epoche dell'anno. Non bisogna credere che le stelle cadenti partano effettivamente dal punto irradiante: soltanto sta il fatto che le loro trajettorie prolungate s'incontrano tutte in quel medesimo punto, o regione abbastanza limitata, salvo un picciol numero che si indicano col nome di stelle *sporadiche.* Siffatta convergenza è un effetto di prospettiva: le trajettorie effettive sono sensibilmente parallele, ma sembrano divergere per la stessa legge e per la quale ci pajono divergenti i

raggi del Sole al tramonto che passano fra le nubi, e certe linee che partono da un istesso punto (1).

Siffatti fenomeni sono certamente dovuti all'accensione di qualche sostanza combustibile che ha luogo nelle regioni superiori dell'atmosfera. Si è potuto spesso accertare che là dove appajono le meteore, si formano delle nuvolette le quali persistono alcun tempo dopo la scomparsa di quelle, e sono trascinate dalle correnti atmosferiche. Queste stelle filanti debbono essere dei piccoli corpi solidi, giacchè, se fossero gasosi, non avrebbero la forza di penetrare tanto innanzi nella nostra atmosfera e si disperderebbero prima di infiammarsi. Talora vedesi una massa dividersi in due o tre parti, qualche

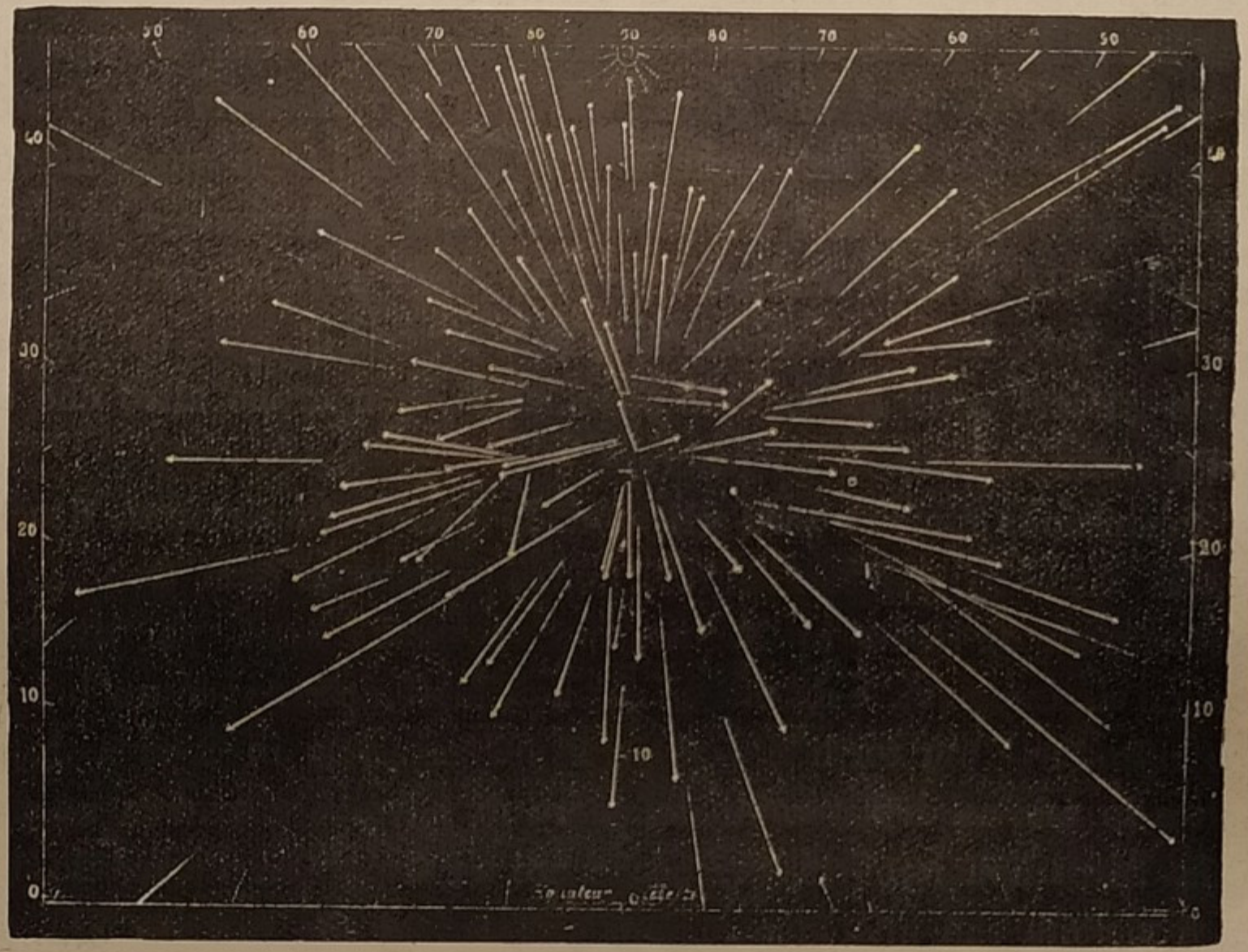


Fig. 293. — Punto d'emanazione delle stelle cadenti del 27 novembre 1872

volta più, conservando ciascuna di queste una forma nettamente definita: esse sono dunque composte di sostanze compatte, suscettibili di frantumarsi durante la loro combustione.

In tutte le apparizioni si riscontra un periodo diurno ed un periodo annuo. Nel primo, il massimo ha luogo da 3 a 6 ore antimeridiane. Il periodo annuo consiste in questo che le meteore sono più numerose nella seconda porzione dell'anno che nella prima. Queste due notevoli circostanze derivano dal fatto

---

(1) Chiunque può aver notato che ponendosi al principio di una via lunga ed egualmente larga, i lembi laterali della via stessa e gli orli dei tetti e i filari degli alberi che fiancheggiano i marciapiedi sembrano avvicinarsi e convergere ad uno istesso punto all'estremità opposta della via; eppure sono paralleli: è un mero effetto di prospettiva.

IL TRAD.

che la Terra incontra gli sciami di materia meteorica più direttamente al mattino che alla sera, e durante il secondo più che nel primo semestre. Noi possiamo infatti paragonare la Terra, mentre passa attraverso ad uno sciame di questi corpuscoli, ad una palla da cannone che attraversa uno sciame di mosconi; ne incontrerà un numero ben maggiore nella sua parte anteriore, o di fronte, e lascierassi un vero vuoto di dietro. E se la palla ruota su sè stessa, i punti situati sul davanti e che conseguentemente sono più esposti allo scontro, varieranno al modo medesimo. Il numero orario delle stelle filanti dipenderà dunque dal punto verso cui la Terra si dirige ad ogni istante, ri-

Fig. 294. — La grande pioggia di stelle cadenti del 27 novembre 1872.

spetto alla verticale dell'osservatore; sarà massimo allorchè questo punto sarà il più possibilmente vicino allo zenit.

Se si vedono delle stelle cadenti nella parte della Terra opposta a quella per la quale ha luogo il massimo, ciò devesi attribuire all'aver esse una velocità maggiore di quella del globo terrestre.

Consideriamo ora come queste meteore abbiano un ufficio molto più importante di quello che si poteva e si voleva una volta credere. Non passa una notte, non passa una sola ora, un sol minuto, senza caduta di asteroidi. Il globo terrestre voga in seno ad uno spazio pieno di corpuscoli varî che circolano in tutti i versi, gli uni in correnti ellittiche di varie inclinazioni, gli altri nel piano stesso dell'eclittica, come si riconosce dalla luce zodiacale che si estende dal Sole fino al di là della nostra orbita. Contando le stelle filanti

che si veggono sopra un orizzonte dato, durante le diverse notti dell'anno, calcolando il numero di orizzonti analoghi che abbraccerebbero tutta la superficie del globo, tenendo conto delle direzioni di queste meteore, delle variazioni mensili, ecc., un eminente geometra americano, il signor Simone Newcomb, ha dimostrato che ogni anno non meno di *centoquarantasei miliardi* (146 000 000 000) di stelle filanti cadono sulla Terra! (1).

Si è veduto più sopra quale splendido rovescio di pioggia meteorica ebbe luogo il 27 novembre 1872. Quella della notte dal 12 al 13 novembre 1833 fu ancor più maravigliosa. Le stelle erano tanto numerose, esse si mostravano in tante regioni del cielo contemporaneamente, che tentando di contarle non si poteva punto sperare di giungere se non ad una grossolana approssimazione. L'osservatore di Boston (Olmsted), le paragonava, al momento del massimo, alla metà del numero dei fiocchi che si vedono nell'aria durante una fitta nevicata ordinaria. Allorchè il fenomeno fu notevolmente indebolito, contò 650 stelle in 15 minuti, benchè circoscrivesse la sua osservazione ad una zona che non era il decimo dell'orizzonte visibile, e valutò a 8660 il numero totale per tutto l'emisfero visibile. Quest' ultima cifra darebbe 36.640 stelle all'ora. Ma il fenomeno durò più di sette ore; dunque il numero di quelle che furono visibili a Boston oltrepassa le 250.000!

Giungendo nell'atmosfera terrestre, questi piccoli corpi si scaldano per l'attrito, e il loro moto rallentato si converte in calorico. Se la stella filante non pesa che qualche grammo od anche meno, essa si volatilizza interamente e svapora nell'aria; se è un bolide più pesante, resiste, ma tutta la sua superficie esterna si fonde e si copre di uno strato di vernice. Supponendo che un bolide di 1 decimetro di raggio della densità eguale a 3,5 entri nell'atmosfera con una velocità di 50 000 metri al secondo, si trova che sviluppa immediatamente un calore eguale a 4 397 000 calorie (2) e deve perdere 49 000 metri di velocità arrivando a 15 000 metri di altitudine, di guisa che esso non incontra il no-

---

(1) La velocità colla quale questa polvere di mondi incontra nello spazio il nostro pianeta può e deve spesso raggiungere l'ordine della velocità parabolica, la cui semplice formola è $V\sqrt{2}$. Essa è eguale alla velocità di traslazione della Terra moltiplicata per la radice quadrata di 2, ossia per 1,414; e poichè la velocità media orbitale del nostro globo è di 29 460 metri al secondo, quella di una stella cadente è di 42 570 metri. Se la stella ci arriva di fronte con direzione contraria al nostro movimento, le due velocità si sommano e l'urto è di 72 000 metri. nel primo secondo d'incontro. Se la stella giunge dietro di noi, la sua velocità può scendere fino a 16 500 metri al secondo. A meno che non sia un aerolito massiccio e abbia, come in fatti può avere, un peso variante da qualche ettogrammo fino a qualche tonnellata, qualunque stella cadente che incontri la Terra deve dunque fondersi per la sola trasformazione del suo moto in calore; penetrando nella nostra atmosfera deve assorbirvisi, e non giungere poi alla superficie del globo che lentamente e sotto forma di deposito.

(2) Chiamasi *caloria* la quantità di calore necessaria per elevare di 1° centigrado la temperatura di un chilogrammo di acqua distillata. Occorrono 79° circa di calore sensibile per far passare un chilogrammo di acqua dallo stato solido a 0°, allo stato liquido pure a 0°. Questi 79° di calore scomparsi chiamavansi, ancor poco tempo fa, « calorico latente » dell'acqua, ma veramente esso è scomparso per lasciar luogo al moto molecolare del liquido.

IL TRAD.

stro suolo che colla debole velocità di 5 metri, ciò che spiega la poca profondità delle breccie aperte nel terreno quando vi cadono gli aereoliti. È invero importante il far una distinzione fra la velocità siderale di bolidi al loro arrivo, e quella della caduta dopo la loro esplosione.

Vediamo adesso come e perchè queste apparizioni ritornano periodicamente a date fisse durante parecchî anni, e vadano soggette alle intermittenze che abbiam fatto notare.

Fino a questi ultimi anni, gli astronomi consideravano le stelle filanti di origine planetaria. Si supponeva ch'esse formassero degli anelli circolanti intorno al Sole in orbite ellittiche pressochè circolari, con una velocità analoga a quella della Terra. Il professore Schiaparelli, direttore della Specola di Milano, colpito dalla loro velocità, che suppone un'orbita parabolica, come già abbiamo fatto avvertire, sospettò che esse potessero avere, al pari delle comete, una origine estranea al nostro sistema, e ne determinò la teoria che segue.

Supponiamo una massa nebulosa o formata di corpuscoli qualsisiano, situata al limite della sfera d'azione del nostro Sole, e che, dotata di un debole moto relativo, comincia a sentire l'attrazione solare; il suo volume essendo assai considerevole, i suoi varî punti sono situati a distanze assai diverse. Risulta da ciò che, allorquando comincerà a cadere verso il Sole, i punti inegualmente distanti acquisteranno col tempo delle velocità disuguali. Malgrado queste differenze, il calcolo prova che le distanze perielie dei varî corpuscoli saranno assai poco modificate, e le orbite saranno talmente simili che le molecole si seguiranno formando come una specie di catena o di corrente che impiegherà un tempo estremamente lungo a passare intorno al Sole. Una massa, il cui diametro fosse stato eguale a quello del Sole, impiegherebbe parecchî secoli ad eseguire quel movimento. Questa corrente rappresenterà fisicamente e visibilmente l'orbita dei corpuscoli meteorici, a quel modo che un getto d'acqua rappresenta la trajettoria parabolica di ciascuna molecola come projettile isolato. Se nel suo moto di traslazione la Terra viene ad incontrare questa specie di processione di corpuscoli, essa vi passerà attraverso, ed un certo numero di essi la incontreranno, combinandosi la loro velocità propria con quella del globo terrestre. Se la fila è molto lunga, la Terra la attraverserà a quel modo ogni anno al medesimo luogo, incontrando ad ogni passaggio dei corpuscoli diversi da quelli che vi si trovavano l'anno prima. È facile allora calcolare la posizione di una tal corrente.

Il signor Schiaparelli ha fatto questi calcoli per le due correnti d'agosto e di novembre, e, per una fortunata circostanza, ha trovato che due comete conosciutissime hanno le orbite coincidenti precisamente con queste due catene di meteore. La prima è la grande cometa III del 1862, che passò al perielio il 23 agosto dello stesso anno, e la cui rivoluzione è di 121 anni. La sua or-

bita concorda con quella delle meteore del 10 agosto (1). La seconda è quella che apparve nel 1866, il cui periodo è di trentatrè anni e che fa parte delle meteore di novembre.

Questo inatteso risultato portò una gran luce sulla natura delle stelle cadenti e la loro corrispondenza colle orbite cometarie. Se ne conchiuse tosto che le comete, al pari delle stelle filanti, debbono essere agglomerazioni di meteore provenienti da masse nebulose estranee al nostro sistema planetario.

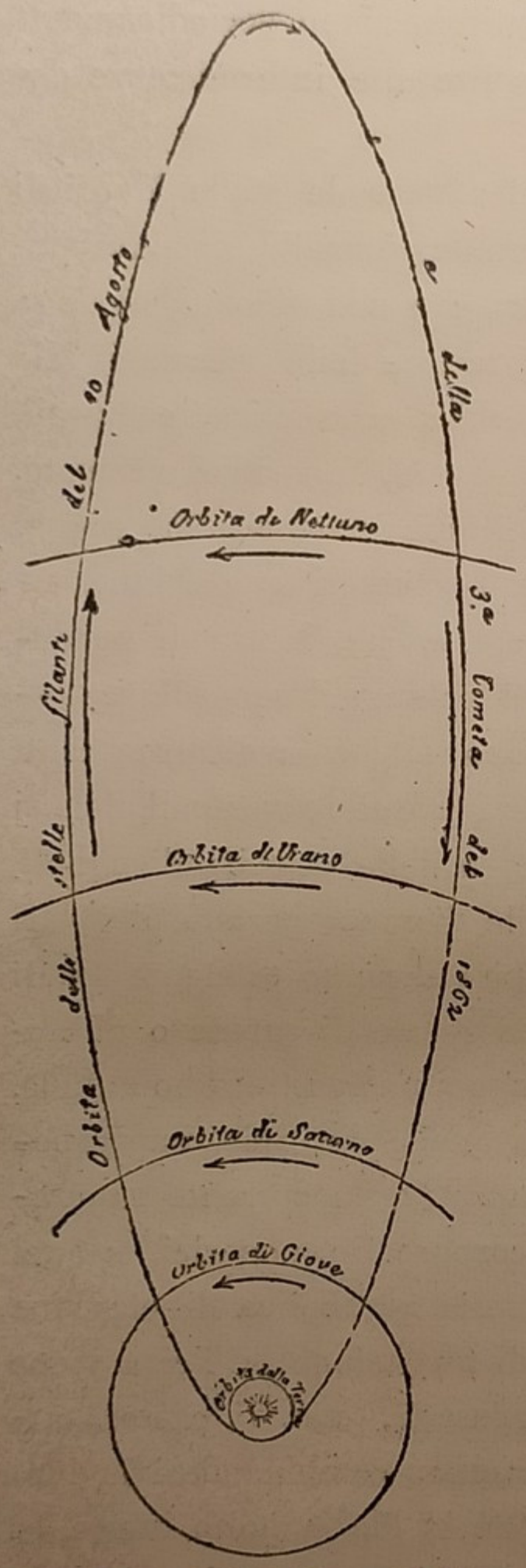


Fig. 295. — Orbita delle stelle filanti nella notte del 10 all'11 agosto.

Si poteva opporre a questa identità che l'analisi spettrale delle comete mostra che queste sono costituite, almeno in parte, di materia gasosa, mentre le stelle filanti dovevano esser solide; ma lo stesso spettroscopio ha risolto questa difficoltà. Infatti, oltre che queste sostanze pietrose possono essere avvolte da un'atmosfera gasosa e nebulosa, a cui si può ascrivere lo spettro cometario, l'analisi spettroscopica prova che la loro massa contiene ne' suoi pori una grande quantità di gas cometarî, gas che si svolgono dietro la semplice applicazione di un calore anche moderato. Finalmente si è verificato che parecchie meteoriti contenevano del carbone come quelle del Capo e quella di Orgueil. Ora, questa sostanza ha potuto vaporizzarsi al momento del passaggio della cometa al perielio e dare lo spettro osservato. La moltiplicità dei nuclei in certe comete viene anch'essa in appoggio di questa ipotesi.

Oltre le due comete suaccennate se ne trovarono parecchie altre le cui orbite coincidono colle correnti di meteore; così lo sciame delle stelle cadenti del 20 aprile, il cui centro di radiazione si trova nella costellazione di Ercole, va connesso alla cometa I 1581. Tutti ricordano ancora che il giorno in cui la Terra doveva attraversare l'orbita della cometa di Biela, il 27 no-

---

(1) Se, come è probabile, l'introduzione di questa cometa nel sistema solare è dovuta all'azione di un pianeta, questo gran pianeta deve trovarsi verso la distanza 48. Le due prime comete della lista della pag. 599 furono trattenute da Urano, le sette seguenti da Nettuno, le due successive dal pianeta esterno a Nettuno Le comete più lontane non sono così sicure.

vembre 1872, ebbe luogo la famosa pioggia di stelle cadenti di cui abbiamo fatto parola, di guisa che è provato che se noi non abbiamo incontrato la testa della cometa in ritardo, abbiamo per lo meno attraversata la corrente che gli fa seguito.

Ma non bisogna lusingarci di trovare una cometa ad ogni apparizione di stelle cadenti.

Le perturbazioni dei grandi pianeti sono considerevoli sopra corpi così leggeri, e dopo tanti secoli dacchè le correnti meteoriche sono entrate nel nostro sistema solare, esse hanno dovuto modificarne le primitive condizioni.

La forza ripulsiva che il Sole esercita sulla chioma di una cometa e ne sospinge le particelle per dar principio alla coda, supera quella d'attrazione e quando il nucleo della cometa è ad una distanza relativamente piccola, l'attrazione di questo nucleo non deve più essere capace di conservare questa sostanza. Che cosa diventa essa! Deve perdersi nello spazio. A ciascuno dei suoi passaggi pel perielio, una cometa deve dunque perdere una porzione della sua sostanza, e il fatto è che tutte le comete a corto periodo sono deboli e, per così dire, telescopiche. Secondo le fantastiche descrizioni degli antichi cronisti, è certo che, nelle sue antiche comparse, la cometa di Halley doveva essere incomparabilmente più grande, più brillante e più maravigliosa che nei suoi due ultimi ritorni del 1759 e 1835. Così è quasi certo che le comete diminuiscono di grandezza ad ognuno dei loro viaggi nelle vicinanze del Sole.

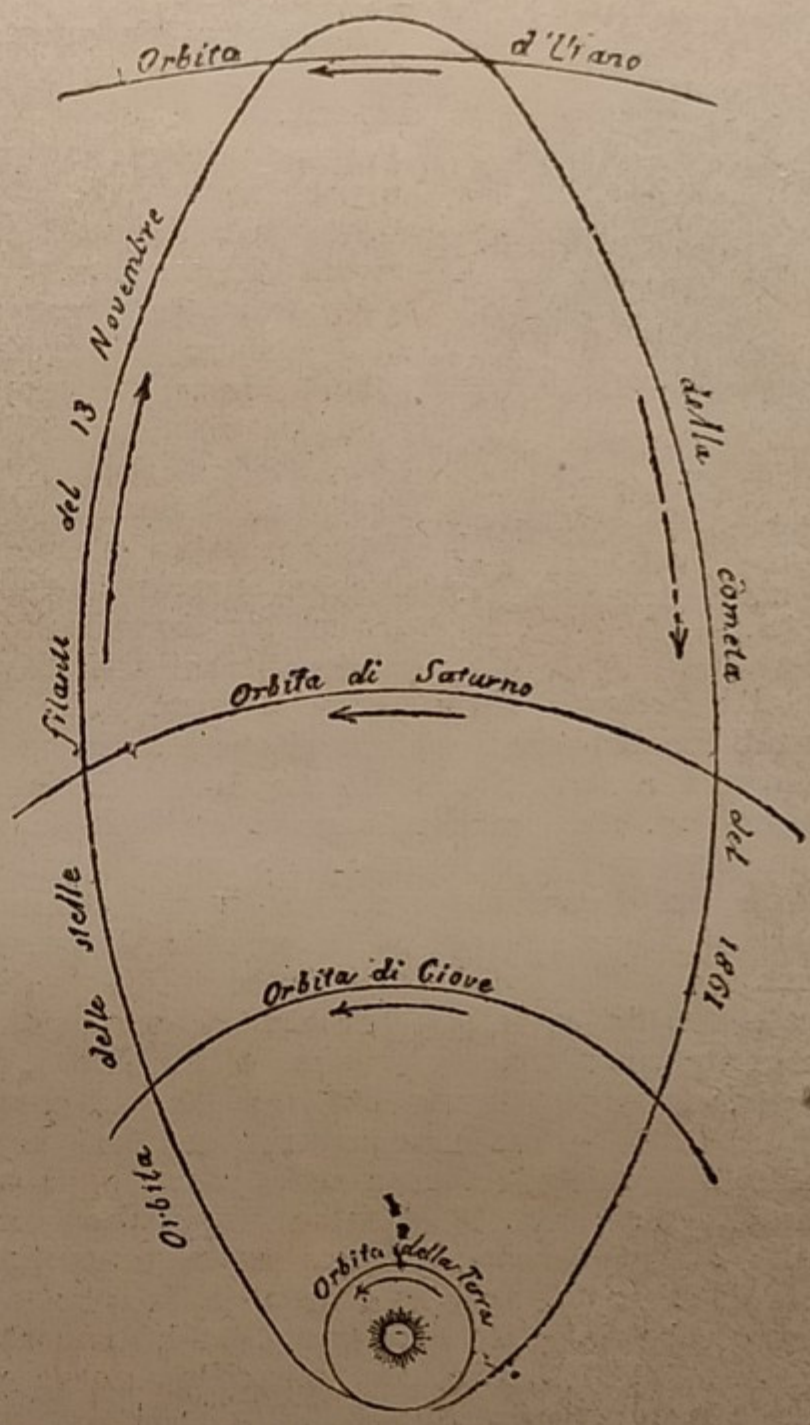


Fig. 296. — Orbita delle stelle filanti nella notte dal 13 al 14 novembre.

Tale è il corso di questi astri leggeri nello spazio, corso oggidì, come si vede, perfettamente determinato. Insegnamento profondo quanto inaspettato! La stella filante stessa non scorre a caso rapita da un soffio capriccioso; essa descrive un'orbita matematica al pari della Terra stessa e del gigantesco Giove. Tutto è regolato, ordinato da una legge suprema: e, chi sa?, forse ciascuna delle nostre fragili esistenze, ciascuna delle nostre effimere azioni, è essa pure determinata dall'invisibile Natura, che lancia la stella nel cielo, il neonato nella culla, il vecchio nella tomba...

Questa perpetua aggiunta di stelle cadenti non è senza conseguenze per il

nostro pianeta: essa deve accrescere lentamente il volume e la massa della Terra (1).

Veniamo ora ai bolidi ed agli aeroliti.

---

(1) Ammettendo che il loro volume possa essere in media di circa un millimetro cubo, il numero annuale delle stelle cadenti rappresenterebbe un volume di 146 metri cubi ed un peso di 876 tonnellate (876 000 chilogrammi). In cento secoli ne verrebbe un aumento (per la Terra) di 1 460 000 metri cubi e l'aumento di peso anderebbe alla cifra di 8760 milioni di chilogrammi (8 760 000 tonnellate).

La superficie del nostro pianeta misura 510 milioni di chilometri quadrati; se pertanto noi imaginiamo questa polvere cosmica sparsa uniformemente su di quella, troviamo che in 34 900 anni circa, il globo si ingrosserebbe di uno strato di 1 centimetro di altezza, con che il diametro terrestre si allungherebbe di 2 centimetri.

Senza dubbio questo accrescimento è dell'ordine degli infinitamente piccoli; ma è appunto quest'ordine che opera più efficacemente in tutta la natura.

Il peso del globo terrestre si valuta a 5875 sestilioni di chilogrammi, l'aumento di massa in 100 mila anni non è che di 15 sestilionesimi della massa totale della Terra. È poco, a dir vero, ma è ben da migliaia di secoli che il nostro globo esiste.

Fig. 297.
Polvere di stella filante raccolta su una nave. (Grandezza naturale.)

Pertanto la *Terra viaggia in mezzo ad uno spazio riempiuto di materiali cosmici, ed aumenta insensibilmente di peso e di volume.* Si è calcolato che in media passando in mezzo a questi materiali, tracciando in certo modo un cilindro di diametro eguale al proprio, la Terra incontra 13 000 bolidi o stelle cadenti visibili ad occhio nudo e 40 000 stelle filanti telescopiche. Fra queste correnti ellittiche di stelle filanti, quella che la Terra incontra il 14 novembre si estende sopra una lunghezza di più di 1600 milioni di chilometri, circola in trentatrè anni intorno al Sole, e racchiude un numero di corpi e corpuscoli rappresentato dalla cifra 1 000 000×100×1000, ovvero centomila milioni di corpuscoli!

Dappertutto sulla Terra si trova della polvere ferruginosa la cui origine è dovuta alle miriadi di corpuscoli meteorici che s'infiammano nella nostra atmosfera, vi si fondono o vi evaporizzano, e cadono lentamente fino in basso. Il mio infaticabile amico Silbermann, che osserva le stelle cadenti da tanti anni al Collegio di Francia, e scorge in esse una delle suste le più importanti della meccanica celeste, ha spesso osservato dei moti ondulatorî, dei moti di rinculo, degli strascichi persistenti di polvere luminosa. Non è molto, il 5 ottobre 1879, una magnifica stella cadente lasciò dietro di sè una nuvola in forma di spirale che durò visibile per più di mezz'ora. Madamigella Ehrenberg ha disegnato un giorno la polvere di meteoriti, che qui riproduciamo, in grandezza naturale (figura 297), caduta sul ponte di una nave che traversava il mare delle Indie, e ha trovato che questi frammenti presentavano al microscopio delle forme soffiate analoghe ai residui della combustione di un filo d'acciaio. Il chimico Reichenbach ha trovato sopra montagne isolate, cui piede umano non aveva verosimilmente mai calpestato, delle traccie di ferro, di cobalto e di nichelio, che non avevan potuto cadervi altrimenti che dal cielo. G. Tissandier ha raccolto nelle nevi del Monte Bianco, sulle torri di Nostra Donna, nell'acqua di pioggia, i corpuscoli ferruginosi qui riprodotti (figura 299). Si vede che i passeggieri del cielo, stelle filanti, bolidi, aeroliti, lasciano dovunque le loro traccie.

Fig. 298. — Un grano della stessa polvere, ingrandito col microscopio.

Le cause che agiscono oggi hanno sempre agito in proporzioni variabili, e — come in geologia si cominciano a spiegare oggidì le modificazioni della superficie terrestre e quelle delle specie viventi stesse, coll'azione lenta delle cause che agiscono attualmente sotto i nostri occhi — del pari noi possiamo pensare che questa pioggia lenta e secolare delle stelle filanti e degli aereoliti attraverso il sistema

Fig 299. — Polvere di stelle filanti, raccolta sul Monte Bianco.

solare *ha aumentato il volume e la massa di tutti i pianeti.* Notiamo qui una conseguenza assai rimarchevole di questo aumento di volume del nostro pianeta. È che *il moto di rotazione della Terra deve rallentarsi* e aumentare la durata del giorno; mentre la rivoluzione della Luna deve accelerarsi, e sembrar di accrescersi anche più presto di quello che realmente lo faccia. Abbiamo veduto, parlando della Luna, che infatti questa accelerazione è probabile.

Un corpo luminoso di dimensioni sensibili attraversa rapidamente lo spazio spandendo tutt'intorno una vivida luce; è come un globo di fuoco la cui grossezza apparente è sovente paragonabile a quella della Luna.

Questo corpo lascia ordinariamente dietro di sè una striscia luminosa assai sensibile. Spesso, durante od immediatamente dopo la sua comparsa, si produce una esplosione, e qualche volta persino parecchie esplosioni successive, che si odono a grandi distanze. Soventi altresì l'esplosione è accompagnata dalla rottura del globo di fuoco in un numero più o meno grande di frammenti luminosi, che sembrano projettati in diverse direzioni.

Questo fenomeno costituisce quello che si chiama una *meteora* propriamente detta, ossia un *bolide*. Si produce tanto di giorno che di notte. Soltanto che nel primo caso la luce prodotta è notevolmente indebolita dalla presenza della luce solare, e non si può accorgersene se non quando si svolga con sufficiente intensità.

D'altra parte, si trovano talune volte sul suolo terrestre dei corpi solidi, di natura pietrosa o metallica, che sembrano aver nulla di comune coi terreni sui quali giacciono. Da tempo immemorabile il pubblico profano ha attribuito a questi corpi un'origine extra terrestre; si sono considerati come pietre cadute dal cielo; sono più di mille anni i Greci venerano la famosa pietra caduta dal cielo nel fiume di Aegos; i cronisti del medioevo ci hanno tramandato degli ingenui disegni di queste inesplicabili cadute; parecchî naturalisti le indicavano sotto il nome di *pietre della folgore,* perchè si consideravano come materie lanciate dal fulmine (1). Si erano, è vero, confuse sotto la stessa denominazione, le piriti ferruginose che si trovano così numerose nei terreni cretacei; ma questa antica confusione non toglieva l'esistenza reale di frammenti pietrosi o ferruginosi autenticamente caduti dal cielo.

Cosa strana, le antiche tradizioni, le storie dell'antichità e del medioevo, le credenze popolari avevano un bel parlare di *pietre cadute dal cielo,* di pietre dell'aria, « aereoliti »; i dotti non ci volevano credere o negavano il fatto in sè stesso, o lo interpretavano tutt'altrimenti, considerando i corpi caduti sulla terra siccome lanciati da eruzioni vulcaniche, levati dal suolo da trombe, oppure prodotti da certe condensazioni di materia in seno all'atmosfera. Nel 1790 l'illustre Lavoisier, e nel 1800 l'Accademia delle scienze tutta in corpo, dichiaravano questi fatti assolutamente apocrifi. Tuttavia, fin dal 1794, Chladni aveva provata l'origine extra terrestre di questi misteriosi forestieri.

Siffatta quasi generale incredulità dei dotti, cedette allorchè Biot fece alla

---

(1) Oggidì chiamano ancora i contadini *pietre del fulmine* le *folgoriti,* che hanno tutt'altra origine; queste non sono che pezzi di silice vetrificata lungo il breve tragitto nel suolo della folgore caduta in terreni sabbiosi silicei.

Accademia delle scienze il suo rapporto sulla memorabile caduta che ebbe luogo a Laigle, nel dipartimento dell'Orne, il 26 aprile 1803. In seguito ad una minuziosa inchiesta fatta sopra luogo, si potè infatti accertare la perfetta esattezza delle circostanze riferite dalla voce pubblica intorno a quella caduta così rimarchevole. Numerosi testimonî erano là ad affermare che, alcuni minuti dopo l'apparizione di un gran bolide che si moveva da sud-est verso nord-ovest e che era stato veduto ad Alençon, a Caen e a Falaise, una spaventevole esplosione, seguìta da detonazioni simili a scariche di cannoni e di moschetteria, era partita da una nube nera isolata nel cielo purissimo.

Un gran numero di pietre meteoriche erano poi precipitate alla superficie del suolo, dal quale erano state raccolte ancora fumanti, sopra un'estensione di terreno che non misurava meno di tre leghe di lunghezza. La più grossa di queste pietre pesava meno di dieci chilogrammi.

Fig. 300. — Pietra caduta dal cielo (disegno del secolo XVI).

Dopo d'allora numerose cadute sono state non meno autenticamente accertate. Non passa anno senza che se ne raccolgano uno o più pezzi, talora infrantisi sopra le roccie, tal altra sprofondati nel suolo a parecchî piedi di profondità. Il 23 luglio 1872, ch'era una splendida giornata, ne cadde uno a Lancé, presso Blois, dopo una esplosione tale che fu intesa tutt' intorno sopra un raggio di 80 chilometri. Pesava 47 chilogrammi; era caduto 15 metri discosto da un pastore, che ne rimase naturalmente stupefatto, e s'era sprofondato per metri 1,60 in un campo. Il 31 aprile successivo ne cadde uno presso Roma, con tal fracasso, che i contadini credettero « che la vôlta del cielo crollasse ». La sua velocità era di metri 59 500 al secondo al suo arrivo nell'atmosfera terrestre, e tale esplosione lo ha ridotto in frantumi. Questo bolide giunse a 5^h 15^m del mattino, da un'altezza verticale di 184 chilometri sopra Roma, e, ciò che è più singolare, un'ora e mezzo prima si era veduta sul mare, nella direzione da cui è giunto il bolide, una massa luminosa, intensa ed immobile. Il 14 maggio 1864, il bolide caduto ad Orgueil (Tarn e Garonna) fu veduto ad un'altezza di 65 chilometri e scôrto da Gisors (Eura) a 500 chilometri di distanza. Il 31 gen

najo 1879 ne cadde uno a Dun-le-Poëlier (Indra) accosto ad un coltivatore che si diè per morto. Noi potremmo agevolmente moltiplicare questi esempî.

E codeste masse non sono insignificanti, come si può indurre dai seguenti campioni:

1.° Aerolito ferruginoso trovato nel 1866 in mezzo ad una pianura sabbiosa del Chilì, e pesante 104 chilogrammi, mandato a Parigi alla Esposizione del 1867 e attualmente depositato al Museo. Altezza: 48 centimetri; — 2.° Aerolito pietroso caduto a Murcia (Spagna) il 24 dicembre 1858, del peso di chilogrammi 114; esso pure mandato alla Esposizione del 1867 e ritornato al Museo di Madrid; — 3.° Aerolito caduto il 7 novembre 1492 ad Ensisheim

Fig. 301. — Bolide caduto ad Orgueil (Tarn e Garonna) il 14 maggio 1864.

(Alto Reno), dinanzi l'imperatore Massimiliano, mentre era alla testa del suo esercito (miracolo storico, presagio della vittoria: sarebbe stata cosa ancor più curiosa e più significante se fosse caduto proprio sulla testa dell'imperatore), pesante 158 chilogrammi. Fu collocato dapprima nella chiesa, come una reliquia, ed oggidì si trova al Museo mineralogico di Vienna; — 4.° Più migliaja di pietre caddero il 9 giugno 1866 a Kniahynia (Ungheria), in mezzo ad uno spaventevole fragore di tuono: il frammento più grosso, che figura a Vienna a fianco del precedente, pesa 293 chilogrammi; — 5.° Un masso di ferro meteorico che da tempo immemorabile serviva di banco alla porta della chiesa di Caille (Alpi marittime). Il suo peso è di 625 chilogrammi. Fu tras-

portato a Parigi (Più indietro ne abbiamo dato il disegno a pag. 369); — 6.° Il museo mineralogico di Londra possiede una massa di ferro trovata nel 1788 a Tucuman (Repubblica Argentina), che pesa 635 chilogrammi; — 7°. Blocco di ferro meteorico trovato da Pallas in Siberia nel 1749 (è uno dei primi aeroliti riconosciuti). Pesava 7 quintali, e i frammenti che ne furono staccati l'hanno ridotto a 519 chilogrammi. Fa parte della collezione di Parigi; — 8.° Aerolito di 7 quintali e mezzo, caduto nel 1810 a Santa Rosa (Nuova Granata). Il suo volume è presso a poco un decimo di metro cubo; — 9.° Aerolito di 780 chilogrammi, che serviva da idolo nella chiesa di Charcas (Messico), portato via per cura del troppo celebre comandante in capo della spedizione del Messico, e attualmente a Parigi. Altezza: 1 metro; — 10.° Aerolito di 1 metro di diametro, caduto il 25 dicembre 1869 a Murzuk presso un crocchio di Arabi spaventati; — 11.° Il più pesante aerolito autentico che si possieda nelle collezioni è quello che fa l'ornamento del Museo britannico. Fu scoperto nel 1861 presso Melbourne (Australia). Due frammenti, pesanti insieme *tre tonnellate,* di cui uno è a Melbourne e l'altro a Londra.

A questi aeroliti, pesati, analizzati e classificati, noi possiamo aggiungere tre altri frammenti planetarî che sono ancora più notevoli: uno pesante 63 quintali e mezzo, si trova a Bahia nel Brasile, ove fu scoperto nel 1816, poi analizzato da Wollaston; l'altro del peso di più di dieci tonnellate, è caduto in China, presso la sorgente del fiume Giallo, e misura 15 metri di altezza. I Mongoli, che lo chiamano la *Rupe del Nord*, raccontano che quel masso cadde in seguito ad un gran fuoco del cielo. Il terzo giace nella pianura di Tucuman (America meridionale), e pesa circa 15 000 chilogrammi.

Potremmo aggiungere a queste masse gli enormi blocchi di ferro nativo di dieci, quindici e più tonnellate, trovati nel 1870 dal professore Nordenskjold ad Ovifalk (Groenlandia), sulla spiaggia del mare, se l'origine celeste di questi massi di ferro fosse dimostrata; ma essa pare piuttosto dubbia. Sono più autentici i 25 000 chilogrammi di ferro trovati nel 1875 sopra una montagna della provincia di Santa Caterina, al Brasile, distribuiti in quattordici pezzi orientati in linea retta. Si vede che, pur avendo cominciato con degli aeroliti di qualche grammo, si arriva qui a delle masse rispettabili. Per di più, da tempo immemorabile debbono essere cadute delle rilevanti quantità di ferro celeste, giacchè i primi strumenti di ferro fabbricati dagli uomini sono stati fatti di ferro meteorico, e l'antico vocabolo *sideros*, col quale si indicava questo metallo, significa *astro* non meno che *ferro*.

Da parecchie centinaja di analisi dovute ai chimici più insigni, risulta che i meteoriti non hanno offerto verun corpo semplice straniero al nostro globo, Gli elementi che vi si riscontrano con certezza sono in numero di 22. Eccoli disposti presso a poco in ordine al loro quantitativo:

Il ferro costituisce la parte predominante, poi seguono: il magnesio, il silicio, l'ossigeno, il nikelio, che è il principale compagno del ferro, il cobalto, il cromo, il manganese, il titanio, lo stagno, il rame, l'alluminio, il potassio, il sodio, il calcio, l'arsenio, il fosforo, l'azoto, il solfo, traccie di cloro, e finalmente del carbonio e dell'idrogeno. D'altra parte il signor Konkoly, analizzando allo spettroscopio più centinaja di stelle cadenti, trovò nei loro nuclei uno spettro continuo, colle righe del sodio, del magnesio, dello stronzio, del litio e del ferro.

La densità degli aeroliti varia da 3 ad 8, prendendo per unità quella dell'acqua; essa è maggiore di quella dei terreni del globo terrestre che formano gli strati esteriori che noi conosciamo e si estende fino a quella degli strati inferiori. Il signor Daubrée, che ha riunito al Museo di Parigi dei campioni di 240 cadute di aeroliti, ha classificato questi corpi in diversi tipi, secondo la quantità di ferro contenuto: 1.° *Olosideri*, interamente composti di ferro puro, da potersi lavorare direttamente (il nikelio vi è sempre associato: non si è mai trovato sulla Terra del ferro nativo così puro); campioni rari; — 2.° *Syssideri*, composti di una pasta di ferro, nella quale trovansi delle parti pietrose, ordinariamente di peridoto, somiglianti a scorie; — 3.° *Sporadosideri*, composti di una pasta pietrosa nella quale il ferro, in luogo di essere continuo, è disseminato in granulazioni, frequentissimi; — 4.° *Asideri*, nei quali non v'ha ferro affatto, come l'aerolito di Orgueil; rarissimi.

D'onde vengono gli aeroliti?

La loro identità coi bolidi non è più dubbia, poichè qualunque caduta d'aerolito viene da un bolide. Dobbiamo noi andar più in là, e identificare gli aeroliti e i bolidi colle stelle filanti? Non pare, giacchè nelle pioggie di stelle cadenti non si riscontrano enormi bolidi nè cadute di pietre in corrispondenza con quelle pioggie. Questo fatto ci mostra che, se le stelle filanti si muovono nello spazio seguendo orbite ellittiche dell'ordine cometario, i bolidi e gli aeroliti possono avere un'origine ed un corso differente. Che cosa c'insegna l'analisi dei loro movimenti?

Non si può prepararsi alla loro apparizione repentina e impreveduta, come si fa per quella delle stelle cadenti, e la loro osservazione è sempre momentanea ed incompleta.

Però, malgrado queste difficoltà, alcuni bolidi poterono essere sottoposti a calcoli. Eccoli:

Il 5 settembre 1868, ad 8 ore e 30 minuti di sera, un enorme bolide diretto da est ad ovest attraversò l'Austria e la Francia. Dietro i calcoli di Tissot, basati sopra numerose osservazioni, il bolide si è trovato alla sua minima distanza dalla Terra a 111 chilometri di altezza allo zenit di Belgrado (Serbia), è passato un secondo dopo 112 chilometri di là allo zenit di Ukowa (Slavonia); quattro secondi più tardi si trovava a 340 chilometri più lontano

allo zenit di Lubiana (Carniola) ad un'altezza di 126 chilometri; dieci secondi più tardi, distante 862 chilometri, allo zenit di Saulieu (Costa d'Oro), ad un'altezza di 242 chilometri; tre secondi dopo, 292 chilometri più lungi, si trovava allo zenit di Mettray (Indra e Loira), a 307 chilometri di altezza. Fu visto ancora a Clermont-Ferrand, ma sparve all'orizzonte occidentale. In diciassette secondi il bolide aveva percorso una distanza di 1493 chilometri, con una velocità iniziale di 79 chilometri al secondo, e aveva dovuto giungere alla distanza di Nettuno il 2 settembre 1866, con una velocità iniziale di 68 chilometri. La massa terrestre non esercita che una debole influenza sopra un mobile animato da una siffatta velocità, e non accresce che di 780 metri la velocità all'istante del perigeo. L'orbita è un'iperbole, con un'eccentricità = 2,59 e fa passare il bolide al perielio il 25 settembre 1868, internamente all'orbita di Mercurio, con una velocità di 100 chilometri al secondo. *Il bolide giungeva dall'infinito e vi ritornava.*

Il 14 giugno 1877, ad 8 ore 52 minuti di sera, un bolide non meno considerevole del precedente è venuto a scoppiare fra Bordeaux e Angoulême, a 252 chilometri di altezza. La sua velocità era di 68 chilometri e la sua orbita pure iperbolica aveva, secondo i calcoli del signor Gruey, una eccentricità di 7,79. Questo bolide, arrivando dall'infinito al pari del precedente, attraversava il sistema solare quasi in linea retta.

Il 4 marzo 1863, cadde un bolide in Olanda, arrivando con una velocità doppia della terrestre. La trajettoria, calcolata da Heis, era iperbolica con una eccentricità di 8,74, quasi una linea retta, attraversante il sistema solare, essendochè i due rami facevano tra loro un angolo di 163°.

Il 20 luglio 1860, un enorme bolide ha attraversato gli Stati Uniti da capo a fondo dell'est all'ovest, si è avvicinato fino a 63 chilometri di altezza, e, volando con una celerità di 16 chilometri al secondo, continuò la sua corsa nello spazio. Secondo i calcoli del signor Coffin, la sua orbita era iperbolica, con una eccentricità di 2,99. L'attrazione della Terra curvò sensibilmente quest'orbita al perigeo, ma senza renderla ellittica.

Il bolide di Pultusk (30 gennajo 1868), che ha lanciato tremila pietre sul campo ove è caduto, dietro al calcolo di Galle, percorreva un'iperbole di 2,28 almeno di eccentricità. Quello caduto il 15 novembre 1859 nello Stato americano di Nuova Jersey veniva pure dall'infinito, seguendo una iperbole, secondo i calcoli del signor Newton.

Se si continua così a trovare delle orbite iperboliche, la conseguenza, assai importante per la conoscenza dell'universo, sarà che questi corpi non spettano nè agli sciami di stelle filanti, nè alle orbite cometarie, nè al sistema planetario. Insino ad ora una sola orbita di bolide fu trovata ellittica e d'ordine planetario, ed è quella del bolide che attraversò l'Inghilterra il 27 no-

vembre 1877. Giusta il calcolo del signor Tupman, la sua eccentricità non sarebbe che di 0,1568, la sua distanza perielia di 0,9858, e girerebbe intorno al Sole in 462 giorni. Si ricordi qui il lettore che il 27 novembre è la data in cui la Terra taglia l'orbita della cometa di Biela.

Può darsi, del resto, che gli aeroliti non abbiano tutti la stessa origine. Un fatto tuttavia ben rimarchevole è l'analogia, l'identità, l'unità di costituzione che essi presentano, e che fin dal 1855 aveva condotto il mineralogo

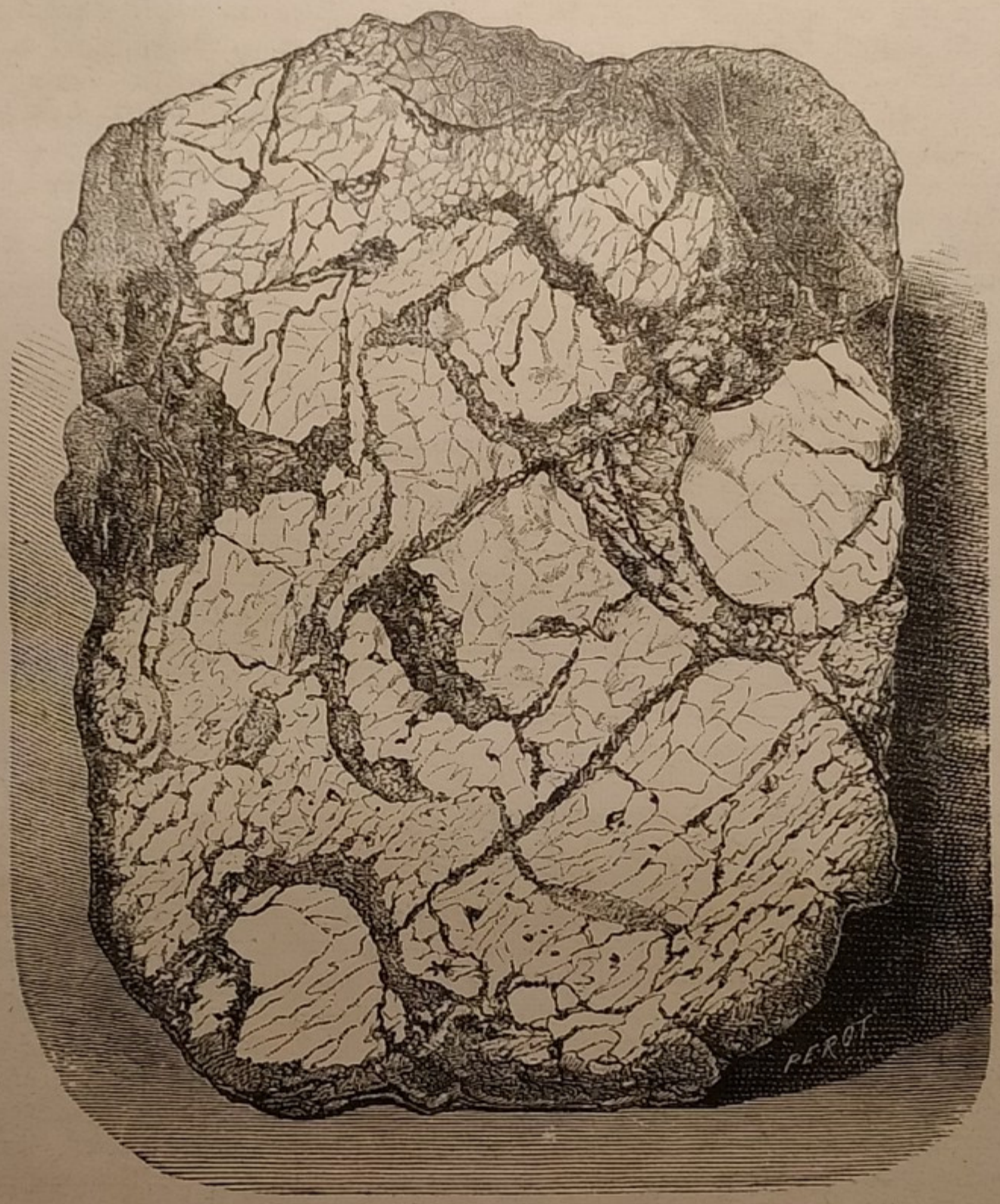


Fig. 302. — Strati sovrapposti, visibili in un aerolito di Santa Caterina.

americano Lawrence Smith ad emettere l'opinione che siano minerali vulcanici uscenti da uno stesso corpo celeste pressochè sprovvisto di ossigeno, poichè il ferro meteorico è allo stato metallico, il qual corpo celeste doveva essere la Luna. Abbiamo veduto infatti (pag. 180) che dei materiali projettati dai vulcani lunari con una forza di 2500 metri al secondo cadrebbero sulle nostre teste. Esiste tutto intorno alla Luna una superficie sferica limite, in cui l'attrazione lunare diventa uguale all'attrazione terrestre. Il mobile lanciato dalla Luna, tosto che esce da quella sfera deve cedere all'azione preponderante della Terra e dirigersi verso di noi. Ma le direzioni e le velocità di certe cadute

provano che non vengono di là. Bisogna adunque mettere da banda la Luna, almeno pel maggior numero, se pur non anche per tutti (1).

Tale è lo stato delle nostre cognizioni scientifiche sui corpi del nostro sistema, rimasti fino ad oggi più misteriosi. Noi accostiamo adesso definitivamente il mondo delle Stelle e l'Universo sidereo.

---

(1) Chladni, alla fine del secolo scorso, scriveva: « La natura ha la potenza di formare dei corpi celesti, di distruggerli e di ricomporne degli altri coi loro avanzi; » ed emetteva l'opinione che gli aeroliti possono provenire da un mondo distrutto. È questa l'idea adottata da noi generalmente, si tratti di uno oppure di più corpi celesti ridotti in frantumi. Nel 1868, il signor Daubrée, ammettendo l'ipotesi di un'unica origine ha dato un'idea teorica della costituzione possibile del globo, di cui i meteoriti sarebbero i ruderi, posto che questo globo fosse stato analogo a quello che noi abbiamo in quanto riguarda la disposizione degli strati geologici, la cui densità va crescendo dalla superficie al centro, e la composizione di questo globo « provando l'unità di costituzione dell'universo ». Nel 1871, il signor Schiaparelli discutendo questa ipotesi d'un corpo unico da cui proverrebbero i meteoriti e confrontandola col fatto delle orbite iperboliche calcolate, ne conclude la probabilità di un'origine stellare, la quale tuttavia non può conciliarsi coll'ipotesi ch'essi derivino da un corpo unico, e conduce piuttosto a vedere nei meteoriti gli avanzi di parecchi astri di costituzione analoga, — nuova probabilità in favore della unità di costituzione dell' universo. Lo stesso anno il signor Meunier emise l'opinione essere questi piccoli corpi i residui della disgregazione « di un piccolo satellite che una volta la Terra vedeva gravitare intorno a sè ». Quest'ultima ipotesi è la meno probabile, viste le velocità iperboliche che abbiamo più indietro riconosciute. Non è meno vero però che le fratture geologiche visibili sopra un gran numero di aeroliti attestano una rimarchevole analogia fra la formazione di questi prodotti e quella dei terreni primitivi e dei conglomerati vulcanici terrestri, come lo ha mostrato questo geologo con esempi di cui la fig. 302 dà un' idea completa. Rimangono dunque ancora, in questo studio interessante, molti punti contradditori che la scienza è destinata certamente a dilucidare. D'altra parte nulla ci obbliga a credere che tutti gli aeroliti abbiano la medesima origine. Se la Luna ha ancora dei vulcani, parecchie pietre possono giungere fino a noi; se i piccoli pianeti hanno dei vulcani, parecchie scorie possono cadere verso il Sole e incontrare la Terra; se le comete si disgregano, i loro residui possono incrociare il nostro cammino celeste; se il Sole e le stelle lanciano delle eruzioni abbastanza violenti, i loro prodotti possono arrivar fin qui; per noi son tutti compresi sotto uno stesso carattere, la loro ascensione, quando attraversano la nostra atmosfera; ma possono essere di origine differente. Aggiungiamo che dall'istante che è accertato non essere questi corpi dei prodotti della nostra atmosfera, la loro denominazione di *aeroliti* dovrebbe far posto a quella di *uranoliti* poichè vengono dal cielo.

Senza dubbio si potrebbe desiderare ancora di più; se ci recassero, per esempio, qualche *fossile* del loro mondo, vegetale, animale od *umano!* un tal regalo sarebbe per noi di un valore senza pari. Chi sa? una siffatta caduta ci è forse riservata, se certi aeroliti vengono, non da vulcani, ma da mondi ridotti in pezzi.

Dopo aver vedute queste masse enormi cadute dal cielo, si può chiedersi se la loro caduta sulla Terra non possa produrre degli accidenti non soltanto per la vita umana, ma ben anche per lo stesso pianeta. L'osservazione ha già messo in sodo a questo riguardo certi fatti storici. Tali sono, per esempio, la caduta dell'anno 616 che fracassò dei carri, dicono gli annali cinesi, e uccise dieci uomini; quella del 944 che, secondo la cronaca di Frodoardo, incendiò delle case; quelle del 1647 e del 1654 che uccisero, la prima due uomini in mare, la seconda un frate francescano a Milano. E recentemente nel 1879 un contadino di Kansas-City in California fu ucciso da un aerolito che ha anche spezzato un albero giungendo a terra con prodigiosa velocità. Dietro le descrizioni precedenti questi fatti non ci possono sorprendere. Ciò nondimeno gli aeroliti, qualunque ne sia il numero, sono di gran lunga meno distruggitori del fulmine, giacchè questo uccide annualmente, soltanto in Francia, 90 persone.

I diametri dei bolidi variano da qualche metro sino a parecchi chilometri: gli aeroliti non ne sono generalmente che avanzi, residui dell'esplosione, che cadono al suolo con una velocità relativamente debole, mentre il bolide continua la sua corsa. Quello del 19 marzo 1718 che passò, secondo Halley, a 119 leghe dalla Terra, era quasi al par del Sole splendente, e il suo diametro reale raggiungeva 2560 metri. Il 5 gennajo 1837, Petit ne misurò uno di 2200 metri, e il 18 agosto 1841 uno di 3900 metri: sono questi dei veri astri. Il loro studio minuto e perseverante è di certo destinato a rivelarci molti segreti, e, come quello delle comete, esso è la vera linea d'unione che collega l'astronomia planetaria all'astronomia siderale.

Fine del Libro Quinto.

LIBRO SESTO

LE STELLE

CAPITOLO I.

La contemplazione dei cieli.

La Terra, colla sua storia minuscola ed effimera, è ormai dimenticata. Il Sole stesso, con tutto il suo immenso sistema, è caduto nella notte infinita. Sulle ali delle comete intersiderali noi abbiamo preso il volo verso le stelle,

Soli dello spazio. Abbiamo esattamente misurato, abbiam degnamente sentito il cammino percorso dal nostro pensiero? La stella più vicina a noi brilla a 222 mila volte la distanza di 37 milioni di leghe, vale a dire *otto trilioni duecento miliardi* di leghe, fino a questa distanza un immenso deserto ci circonda colla più profonda, la più oscura e silenziosa solitudine.

Il sistema solare ci pareva ben vasto; l'abisso che separa il nostro mondo da Marte, da Giove, da Nettuno ci pareva immenso; tuttavia rispetto alle stelle fisse, tutto il nostro sistema non rappresenta che una famiglia isolata che ci attornia da vicino e quasi ci tocca: una sfera vasta quanto tutto insieme il sistema solare sarebbe ridotta alle dimensioni di un semplice punto per noi, se essa fosse trasportata alla distanza della stella più vicina! Lo spazio che si estende fra il sistema solare e le stelle, e che separa le stelle le une dalle altre sembra assolutamente vuoto di materia visibile, fatta eccezione dei frammenti nebulosi, cometarî o meteorici, che circolano qua e colà in quegli immensi vuoti. Tremilasettecento sistemi come il nostro (limitato da Nettuno) starebbero nello spazio che ci isola dalla più vicina stella!

Che si produca in questa stella una spaventevole esplosione, e possa il suono attraversare il vuoto che ce ne divide; questo suono non impiegherebbe meno di *tre milioni* di anni a giungere fino a noi; passerebbero da oggi 60 mila generazioni sulla Terra prima che arrivasse all'orecchio dell'uomo il rumore di quella catastrofe, mentre per tre anni ancora gli astronomi viventi continuerebbero ad osservare una stella che non è più.

È cosa quasi meravigliosa che si vedano gli astri a simil distanza. Che ammirabile trasparenza in questi spazî immensi per lasciar passare la luce, senza estinguerla, per centomila milioni di chilometri! Intorno a noi, nell'aria densa che ne avvolge, le montagne sono già oscure e difficili a discernersi a trenta leghe; la più lieve nebbia ci nasconde gli oggetti all'orizzonte. Quale non deve essere la tenuità, la rarefazione, la trasparenza estrema del mezzo etereo che riempie gli spazî celesti!

Eccoci dunque sul sole più vicino al nostro. Di là, il nostro abbagliante focolajo è già perduto come una piccola stella a malapena riconoscibile fra le costellazioni: Terra, pianeti, comete vogano nell'invisibile. Siamo in un nuovo sistema. Avviciniamoci nello stesso modo a ciascuna stella, e noi troviamo un sole, mentre tutti gli altri soli dello spazio sono ridotti al rango di stelle. Strana realtà: lo stato normale dell' Universo è la notte. Quel che noi chiamiamo il giorno non esiste che per noi perchè siamo vicini ad una stella.

L'immensa distanza che ci isola da tutte le stelle le riduce allo stato di chiarori immobili fissati in apparenza alla vôlta del firmamento. Tutti gli sguardi umani, dopo che l'umanità ha spiegato le sue ali sortendo dalla cri-

Fig. 304. — In mezzo alla natura selvaggia
i primi guerrieri non avevano che l'Orsa minore a guida dei loro passi.

salide animale, tutte le anime, dacchè vi sono delle anime, hanno contemplato queste lontane stelle perdute nelle profondità eteree; i nostri avi dell'Asia centrale, i Caldei di Babele, gli Egiziani delle piramidi, gli Argonauti del vello d'oro, gli Ebrei cantati da Giobbe, i Greci cantati da Omero, i Romani cantati da Virgilio, tutti questi occhî della terra, da sì lunga èra spenti e chiusi per sempre, si sono fissati di secolo in secolo sopra questi occhî del cielo, sempre aperti, sempre animati, sempre viventi. Le generazioni terrestri, le nazioni e le loro glorie, i troni e gli altari sono spariti: il cielo di Omero e di Esiodo è sempre lì. Che v'ha di strano che lo si sia contemplato, amato, venerato, ammirato, interrogato prima ancora che si conoscessero le sue vere bellezze e le sue impenetrabili grandezze? Più che lo spettacolo del mare calmo od agitato, più che lo spettacolo delle montagne coronate di foreste e di nevi perenni, quello del cielo stellato ci attrae, ci trasporta, ci parla dell'infinito, ci dà le vertigini dell'abisso; imperocchè, più di qualunque altro, esso s'impossessa dell'anima contemplativa e la chiama, essendo la verità, essendo l'infinito, essendo l'eternità, essendo *tutto*. Degli scrittori che non capiscono la vera poesia della scienza moderna pretendono che il sentimento del sublime nasca dall'ignoranza e che per ammirare bisogna non conoscere. È codesto sicuramente uno strano errore, e la maggior prova sta nel fascino assorbente e nell'ammirazione appassionata che la divina scienza inspira attualmente, non già soltanto ad alcune rare menti, ma a migliaja di intelligenze, a centomila lettori appassionati per la ricerca del vero, sorpresi, vergognosi quasi di aver vissuto nell'ignoranza e nella indifferenza per queste splendide realtà, bramosi di accrescere senza posa la loro concezione delle eterne cose, mentre sentono l'ammirazione ingrandirsi nel loro animo abbarbagliato man mano che vanno penetrando più oltre nell'infinito (1). Che cosa è mai l'Universo di Mosè, di Giobbe, di Cicerone, a petto del nostro! Cercate in tutti i sistemi religiosi, in tutti i miracoli dell'arte, in pittura, in musica, nella drammatica, nel romanzo, cercate una contemplazione intellettuale che produca nell'animo l'impressione del vero, del grandioso, del sublime come la contemplazione astronomica! La più piccola stella filante ci pone un problema che ci è difficile di non capire; essa sembra dirci: « Che cosa siamo noi nell'universo? » La cometa sembra aprire le sue ali per rapirci nella profondità dello spazio; la stella che brilla in fondo ai cieli, ci addita un sole lontano circondato di umanità sconosciute che si scaldano ai suoi raggi... Spettacoli prodigiosi, immensi, fantastici; essi

---

(1) L'aspirazione dello spirito umano verso la Verità, verso l'intelligenza del bello della natura, verso il progresso indefinito, costituendo il fatto più caratteristico della storia dell'umanità, non è egli strano il vedere, all'epoca nostra, uno scrittore consacrare la sua vita intera al tentativo di dimostrare che « l'umanità è della carne? » Non è egli ancor più singolare il vedere un gran numero di francesi ammettere questa definizione?

rapiscono coll'affascinante bellezza quegli che si arresta ai dettagli, e trasportano nella maestà dell'impenetrabile quegli che si abbandona al suo slancio e scioglie il suo volo per l'infinito.

Nel ciel che più della sua luce prende
Fu' io, e vidi cose che ridire
Nè sa, nè può qual di lassù discende;

esclama Dante nel primo canto del *Paradiso*. Inalziamoci come lui verso le celesti altezze, non più sulle tremanti ali della fede, ma sui robusti vanni della scienza. Ciò che le stelle ci apprenderanno è incomparabilmente più bello, più maraviglioso, più splendido di quanto noi mai possiamo sognare.

Fra l'innumerabile armata di stelle che scintillano nella notte infinita, lo sguardo si ferma di preferenza sulle luci più smaglianti e sopra certuni gruppi che fanno oscuramente presentire un legame misterioso fra i mondi dello spazio. Questi gruppi sono stati avvertiti in tutte le epoche anche fra le razze umane più selvaggie, e fino dalle prime età hanno ricevuto delle denominazioni ordinariamente prese dal regno organico, le quali danno una vita fantastica alla solitudine ed al silenzio dei cieli. Per tal modo furono fin dai prischi tempi distinti i sette astri del nord o *Carro*, di cui parla Omero, le *Plejadi* o la « Stia », il gigante *Orione,* le *Iadi* nella testa del Toro, il *Bifolco* (Boote) presso il Carro o la Grand'Orsa. Questi cinque gruppi erano già conosciuti e denominati più di tremila anni fa, al pari delle stelle più brillanti del cielo: *Sirio* e *Arturo*.

Si ignora l'epoca della formazione delle costellazioni, ma si sa che esse furono stabilite successivamente. Il centuaro Chirone, maestro di Giasone, reputasi aver pel primo diviso il cielo sulla sfera degli Argonauti; ma questa è pura mitologia, chè, del resto, Giobbe viveva prima dell'epoca alla quale si colloca il precedente, e questo profeta parlava già di Orione, delle Plejadi, delle Iadi, tremilatrecento anni fa. Omero parla pure di queste costellazioni descrivendo il famoso scudo di Vulcano. « Sulla superficie — egli dice — Vulcano con divino intelletto, traccia mille svariati quadri. Vi rappresenta la terra, i cieli, il mare, il sole instancabile, la luna nel suo pieno, e tutti gli astri di cui s'incorona il cielo; le Plejadi, le Iadi, il brillante Orione, l'Orsa che chiamano anche il Carro e che gira intorno al polo; è la sola costellazione che non si tuffi nei flutti dell'Oceano. » (*Iliade*, canto XVIII.)

Parecchî teologi hanno affermato essere stato Adamo in persona, quando era nel paradiso terrestre, quello che diede alle stelle i loro nomi, cosa che non sarebbe impossibile, se fosse esistito veramente; lo storico Gioseffo assicura che se non fu Adamo, fu suo figlio Seth, e che in tutti i casi l'astronomia era studiata molto tempo prima del diluvio. — Questa nobiltà basta per noi.

I primi sguardi attenti fissati nel cielo fecero pure notare sin dal principio le belle stelle: *Vega* della Lira, la *Capra* del Cocchiere, *Procione* del Cane minore, *Antares* dello Scorpione, *Altair* dell'Aquila, la *Spica* della Vergine, i *Gemelli, Cassiopea,* la Croce del *Cigno* bianco disteso in mezzo alla *via lattea.* Queste costellazioni erano già notate all'epoca di Esiodo e di Omero, e queste stelle non avevano forse ancora ricevuto alcun nome, perchè senza dubbio non erasi ancor sentito il bisogno di registrarle per una qualsivoglia applicazione del calendario alla navigazione od ai viaggi (1).

All'epoca in cui la potenza marittima dei Fenici era al suo apogeo, saranno circa tremila annì, ossia dodici secoli prima dell'èra nostra, la stella più brillante che si trovasse vicino al polo, era la stella β dell'Orsa minore (vedi fig. 25, pag. 48), e gli abili naviganti di Tiro e di Sidone (o porpore d'altri tempi, che mai resta del vostro orgoglio!) avevano riconosciuto le sette stelle della piccola Orsa, che chiamavano la coda del cane, *Cinosuro;* si dirigevano sul perno del moto diurno, e per parecchî secoli superarono in precisione tutti i marinaî del Mediterraneo. Il Cane ha ceduto il posto ad un'Orsa, senza dubbio a motivo della somiglianza della configurazione di queste sette stelle colle sette dell'Orsa maggiore, ma la coda ne rimase lunga e rialzata a dispetto della natura del nuovo animale.

Per tal modo le stelle del Nord hanno servito dapprima come punti d'orientazione per i primi uomini che osarono avventurarsi sulle acque. Ma esse servirono al tempo stesso di guida sulla terra ferma alle tribù nomadi che trasportavano i loro attendamenti di contrada in contrada. In mezzo alla natura selvaggia, i primi guerrieri stessi non avevano che l'Orsa minore a guida dei loro passi.

Insensibilmente, successivamente, le costellazioni furono stabilite. Alcuni gruppi rassomigliano agli oggetti di cui portano ancora i nomi ed hanno inspirato la loro denominazione agli uomini di altri tempi che vivevano in mezzo all'aperta natura e cercavano dovunque dei rapporti colle loro osservazioni abituali. Il Carro, il Trono, i Tre Re, denominati anche il Rastrello, il Bastone di Giacobbe e il Balteo d'Orione, la Stia o la Gallina coi Pulcini, la Freccia, la Corona, il Triangolo, i Gemelli, il Dragone, il Serpente, ed anche

---

(1) I Cinesi le avevano tutte designate, è vero, alla stessa epoca, ma i loro aggruppamenti, nonchè le loro denominazioni sono affatto differenti dai nostri e non pare che abbiano esercitato alcuna influenza sui fondamenti della storia dell' astronomia. Gli è un altro mondo, altri metodi, altre inspirazioni, come se l'Asia e l'Europa avessero formato due pianeti diversi. Un autore distinto, il signor Schlegel, ha pubblicato nel 1875, l' uranografia chinese che si compone di 670 asterismi, e di cui crede far risalire l' origine fino a diciassettemila anni avanti Cristo: i suoi argomenti non sono convincenti, e mi pare che le origini stesse dell'astronomia del Celeste Impero non debbano essere di molto anteriori al regno dell'imperatore Hoang-Ti, vale a dire al XXVII secolo precedente alla nostra èra e risalgono tutt'al più ai tempi di Fou-Hi, vale a dire al XXIX secolo. Gli è verso la stessa epoca, XXVIII secolo prima dell'èra volgare che gli Egizî, osservando *Sirio,* il cui sorgere al mattino annunziava lo straripamento del Nilo, formarono il loro anno canicolare di 365 giorni.

il Toro, il Cigno, il Gigante Orione, hanno dato origine all'analogia. — Poi vennero dei rapporti fra i lavori dei campi, gli avvenimenti dell'anno, le stagioni e le costellazioni che parevano presiedervi; l'Aquario e i Pesci in corrispondenza colla pioggia e l'acqua, il Leone coi calori estivi, l'Ariete colla primavera, la Spiga della Vergine e la Vendemmiatrice, colle messi e la vendemmia, il cane Sirio che annunziava l'inondazione del Nilo e i giorni canicolari (i quali sono rimasti nel nostro calendario come un bel tipo di anacronismo). — La poesia, la riconoscenza, la divinazione degli eroi, la mitologia trasportarono più tardi nel cielo dei personaggi e delle memorie: Ercole, Perseo Andromeda, Cefeo, Cassiopea, Pegaso; più tardi, all'epoca romana, vi si aggiunsero la chioma di Berenice ed Antinoo; ancora più tardi, nei tempi moderni, si aggiunsero la Croce del Sud, l'Indiano, lo Studio dello Scultore, la Lince, la Giraffa, i Levrieri, lo Scudo di Sobieski, la piccola Volpe. — Si giunse persino a collocare in cielo una montagna, una quercia, un pavone, una dorada, un'oca, un gatto, una gru, una lucertola ed una mosca, cosa che non era affatto urgente.

Non è qui il luogo di esporre e di tracciare in dettaglio tutte queste costellazioni colle loro figure più o meno strane: esse non sono di un'importanza generale e la loro descrizione è piacevole soltanto per quelli che vi si dilettano; quel che importa è di formarcene qui un'idea generale, scopo che noi raggiungeremo coll'esame della tavola (vedi in fine del volume), la quale rappresenta l'insieme delle costellazioni. L'equatore attraversa orizzontalmente i due mappamondi, l'eclittica li taglia obliquamente sotto l'angolo della sua obliquità 23° 27′; il polo nord trovasi in alto, il sud al basso; l'emisfero boreale si compone dunque delle due metà superiori dei mappamondi, e l'emisfero australe delle due metà inferiori.

Il cielo è rimasto diviso in provincie, ciascuna delle quali continua a portare il nome della costellazione primitiva. Ma è importante che il lettore si persuada che le posizioni delle stelle medesime, quali noi le vediamo, non hanno niente di assoluto, e che le diverse configurazioni ch'esse possono offrirci non sono che giuoco di prospettiva (1).

Noi già sappiamo che il cielo non è una superficie sferica concava, sulla quale siano infissi dei chiodi splendenti, che non v'ha vôlta di sorta; che un vuoto immenso, infinito, avviluppa la Terra da tutte le parti, in tutte

---

(1) È necessario che lo studioso, al pari del lettore, si ponga ben in mente che quando si dice *costellazione della Corona*, per esempio, non si intende che le stelle che la compongono, disposte in cerchio, facciano un gruppo speciale di stelle congiunte fra loro da speciali rapporti; anzi una di esse può essere a distanze reali immense dalle altre, e ciascuna di esse può, tutt'all'opposto, far parte di qualche vero gruppo fisico di cui le minori possono sfuggirci per la loro piccolezza. Insomma le costellazioni sono puramente dei gruppi ottici, non fisici, nè reali, quali sono quelli formati dai pianeti fra loro o dai satelliti col relativo pianeta.

IL TRAD.

le direzioni. Noi sappiamo altresì che le stelle, Soli dello spazio, sono disseminate a tutte le possibili distanze nella vasta immensità. Allorchè dunque noi scorgiamo in cielo parecchie stelle vicine, ciò non implica che queste stelle, formanti una stessa costellazione, si trovino in uno stesso piano ad egual distanza dalla Terra. Niente affatto; la disposizione che esse offrono ai nostri occhî non è che un' apparenza cagionata dalla posizione della Terra medesima rispetto a quelle. È una semplice questione di prospettiva. Lasciando il nostro mondo e trasportandoci in un punto dello spazio abbastanza lontano, noi troveremmo nella disposizione apparente di quegli astri una diversità tanto più grande quanto più lontana sarebbe la nostra stazione da quella che occupiamo. Un momento di riflessione basta per convincerci di questo fatto e per dispensarci dall' insistere più oltre su questo argomento.

Fatta la giusta parte a queste illusioni, noi possiamo incominciare la descrizione delle figure di cui l'antica Favola ha costellato la sfera. La conoscenza delle costellazioni è necessaria per l'osservazione del cielo, e per le ricerche a cui possono condurre la curiosità e l'amore della scienza; senza di essa uno si trova come in paese sconosciuto la cui geografia non fosse fatta, in cui fosse perciò impossibile l'orientarsi. Facciamo dunque la geografia celeste, vediamo come bisogna orientarsi per leggere correntemente nel gran libro del cielo.

CAPITOLO II.

Descrizione generale delle costellazioni. Come si riconoscono le stelle principali.

V'ha una costellazione che tutti conoscono; per maggiore semplicità noi cominciereмo da questa; essa ci servirà di punto di partenza per andare alla ricerca delle altre e come punto di orientamento per trovare le sue compagne. Questa costellazione è l'*Orsa maggiore*, detta anche *Carro di Boote*.

Essa può vantarsi di essere celebre. Se tuttavia, malgrado la sua universale notorietà, alcuni dei nostri lettori più giovani non avesse ancora avuto occasione di fare la sua conoscenza, ecco i caratteri ai quali la si potrà sempre conoscere.

Volgetevi a tramontana, cioè a dire dalla parte opposta a quella che occupa il sole a mezzogiorno. Qualunque sia la stagione dell'anno, il giorno del mese e l'ora della notte, voi vedrete sempre là una grande costellazione

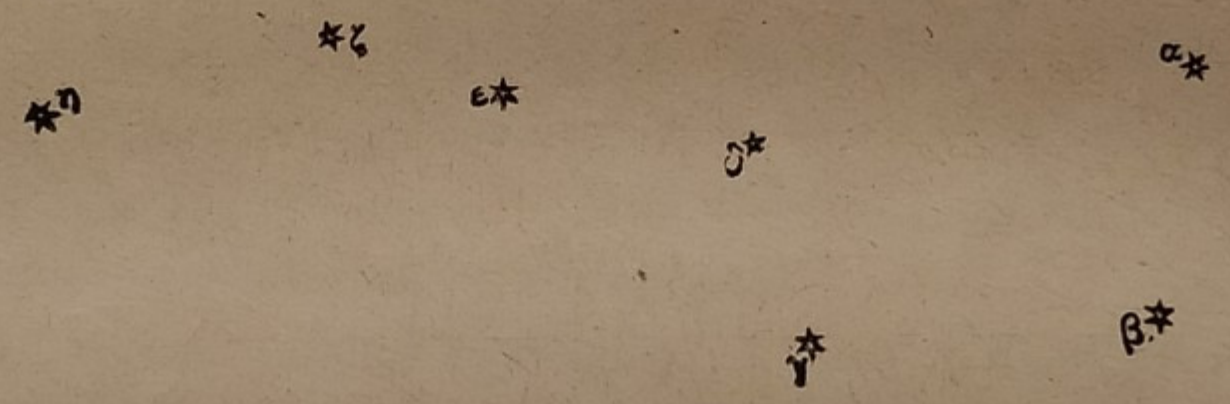


Fig. 305.

formata di sette belle stelle, di cui quattro disposte in quadrilatero, e tre pressochè in fila ad un angolo del quadrilatero; il tutto distribuito come si vede su questa figura.

Voi tutti l'avete vista, non è vero? Essa non tramonta mai. Notte e giorno essa veglia sopra l'orizzonte del nord, ruotando lentamente in ventiquattro ore intorno ad una stella di cui parleremo fra poco. Nella figura dell'Orsa maggiore, le tre stelle dell'estremità formano la coda, le quattro in quadrilatero trovansi nel corpo. Nel *Carro,* le quattro stelle formano le ruote, e le altre tre il timone. Al disopra della seconda di queste ultime una buona vista può distinguere una stella piccolissima, detta Alcor, che si chiama anche il Cavaliere: serve a giudicare della portata della vista. Ogni stella è contrad-

distinta con una lettera dell'alfabeto greco: α e β segnano le prime due stelle del quadrilatero, γ e δ le due seguenti, ε, ζ, η, le altre tre del timone; vennero pure loro dati dei nomi arabi che passeremo sotto silenzio perchè generalmente fuori d'uso, ad eccezione tuttavia di quella del mezzo del timone: Mizar. (A proposito delle lettere greche, molti pensano che sarebbe ottima cosa sopprimerle sostituendo loro delle cifre. Ciò già sarebbe impossibile per la pratica dell'astronomia, e, inoltre ne risulterebbero inevitabili confusioni a cagione dei numeri che le stelle portano nei cataloghi (1).

I Latini davano ai buoi da lavoro il nome di *triones;* invece di dire un carro e tre buoi, finirono col dire i sette buoi: *septem-triones.* Da ciò deriva il nome di settentrione; e oggidì v'ha ben poche persone che scrivendo questa parola, sappiano di parlare di sette buoi. — Avviene d'altra parte lo stesso per molti altri vocaboli! Chi si ricorda, per esempio, pronunciando la parola *tragedia,* che parla del canto del becco: *trogas-odè?*

Riportiamoci alla figura tracciata più indietro. Se per le due stelle se-

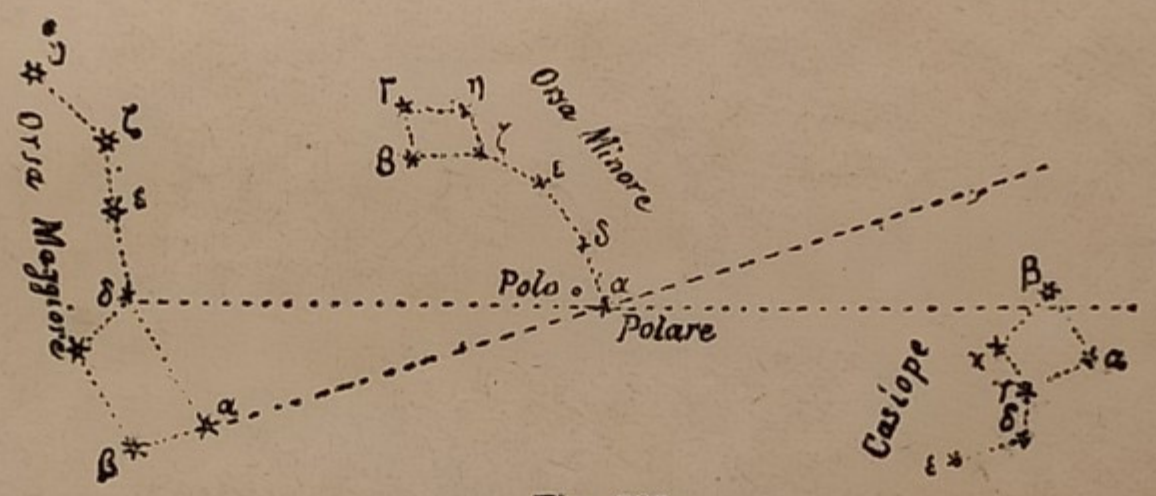


Fig. 306.

gnate β e α, che formano il di dietro del Carro, si conduce una linea retta e la si prolunga al di là di α di una quantità eguale a cinque volte la distanza da α a β o se si vuole di una quantità eguale alla distanza α η, si incontra (fig. 306) una stella un po' meno brillante delle precedenti, la quale forma la estremità di una figura simile all'Orsa maggiore, ma più piccola e disposta inversamente.

Questa figura è l'*Orsa minore* o *Piccolo Carro,* formato del pari di sette astri. La stella alla quale ci conduce la retta testè tracciata, e che trovasi in fondo alla coda dell'Orsa minore o all'estremità del timone del Piccolo Carro, è la *Stella polare.*

La stella polare gode di una certa rinomanza, al pari di tutti i personaggi che si tolgono dal comune, perchè solo fra tutti gli astri che scintillano nelle nostre notti stellate, essa rimane immobile, o quasi, nel cielo. A qualunque

---

(1) In alcune costellazioni però, le stelle sono pure numerizzate, come, ad esempio, quelle del Cigno, di cui è famosa la 61, o quelle della Chioma di Berenice, nella quale è rimarchevole la 42 perchè doppia e di breve rivoluzione. IL TRAD.

istante dell'anno, del mese, del giorno e della notte voi osservate il cielo al luogo fisso ch'essa occupa, voi la troverete sempre. Tutte le altre stelle, per contro, circolano in ventiquattro ore intorno ad essa che è come a dire il centro di quell'immenso vortice. La polare rimane ferma sopra un polo del mondo, d'onde essa serve di punto fisso ai navigatori dell'oceano senza strade, del pari che ai viaggiatori nel deserto inesplorato.

Guardando la stella polare, immobile, in mezzo alla plaga settentrionale del cielo, si ha il sud dietro di sè, a destra l'est, e l'ovest a sinistra. Tutte le stelle girano intorno alla Polare in verso opposto al moto delle frecce di un orologio, e debbono essere riconosciute dietro i loro mutui rapporti di posizione anzichè riferendole ai punti cardinali.

Dall'altro lato della Polare, rispetto all'Orsa maggiore, trovasi un'altra costellazione (fig. 306) che possiamo subito discernere.

Se dalla stella di mezzo δ (Orsa maggiore) si conduce una retta al polo,

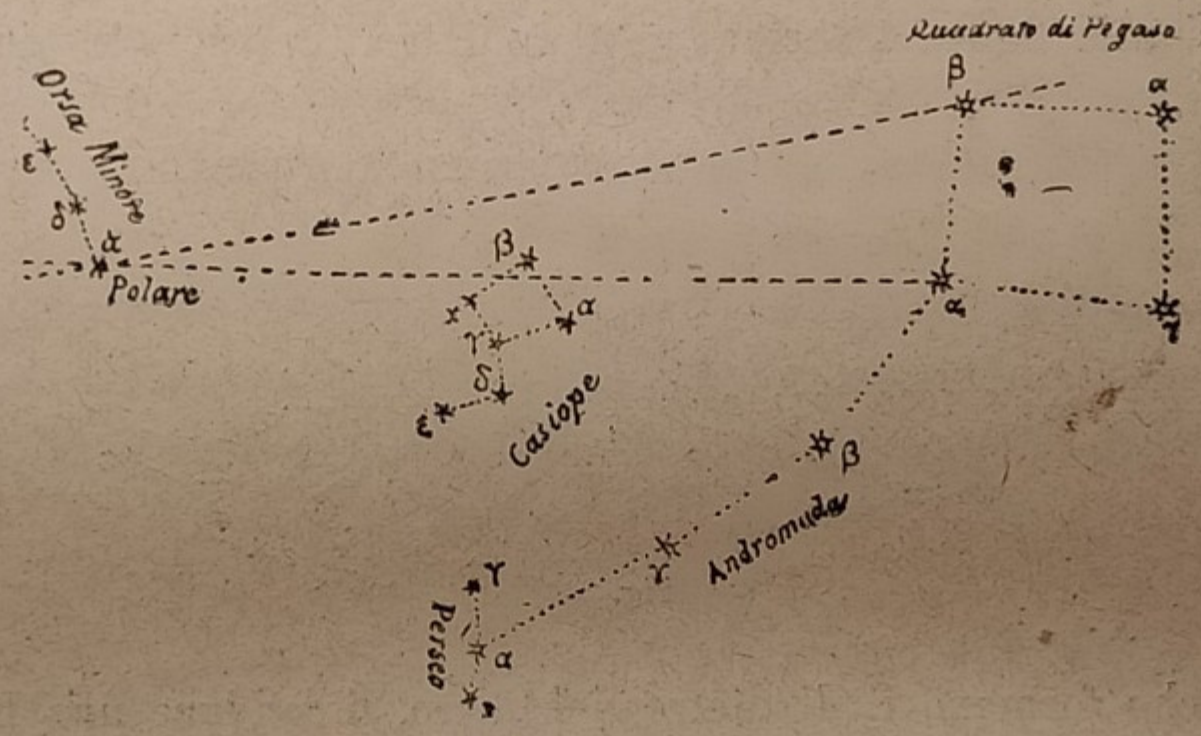


Fig. 307.

prolungandola al di là di una parte eguale si incontro *Cassiopea*, formata da sei stelle (di cui una più debole delle altre), disposte a un dipresso come l'Orsa maggiore, ma a rovescio di questa, la piccola stella x, che segna una vertice del quadrilatero, con le altre δ, ε danno all'insieme anche l'aspetto di una *sedia*. Questo gruppo assume tutte le situazioni possibili girando intorno al polo, trovandosi ora sopra, ora sotto, ora a sinistra ed ora a destra di quello; ma è sempre facile a riconoscersi attesochè, al pari delle precedenti, non tramonta mai, e trovasi sempre diametralmente opposta all'Orsa maggiore. La Polare è il perno intorno a cui girano queste due costellazioni.

Se ora, dalle stesse α e δ dell'Orsa maggiore noi conduciamo due linee che si congiungano al polo, e quindi le prolunghiamo fino al di là di Cassiopea, esse faranno capo al quadrato di *Pegaso* (vedi figura 307) composto dalle tre stelle principali β, α, γ. e di un'altra α appartenente ad *Andromeda*. Inferiormente al predetto quadrato veggonsi due altre stelle, β e γ che spettano

ad Andromeda: la linea che congiunge le tre stelle di quella costellazione va a finire ad altre tre stelle, γ, α, δ, in direzione trasversale a quella linea e che appartengono alla costellazione di *Perseo*.

Al nord di β di Andromeda, presso una piccola stella (che fu omessa in questa figura) trovasi una nebulosa oblunga che si può discernere ad occhio nudo (nebulosa di Andromeda). In Perseo la brillante α sul prolungamento delle tre principali di Andromeda, mostrasi fra le altre due meno splendenti che formano con essa un arco concavo assai facile a distinguersi. Questo arco ci servirà per un'altra orientazione.

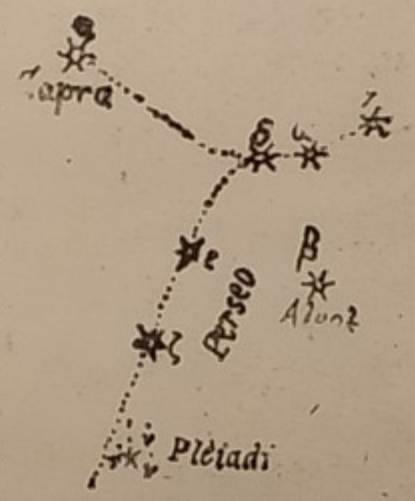


Fig. 308.

Prolungando quest'arco dalla parte nord si incontra Cassiopea e prolungandolo dalla parte della stella δ si trova una stella assai brillante, di prima grandezza; è la *Capra* o *Cappella*. Piegando ora ad angolo retto verso il sud si arriva alle *Plejadi* (figura 308). Non lungi di lì v'ha una stella variabile, *Agol*, nella *Testa di Medusa*, che varia dalla 2ª alla 4ª grandezza in 2 giorni, 20 ore, 48 minuti e 54 secondi. Faremo conoscenza più tardi con questi astri meravigliosi. Aggiungiamo che in questa regione la stella γ d'Andromeda è una delle più belle stelle doppie (è anzi tripla).

Se ora la linea curva di Andromeda si prolunga al di là del quadrato di Pegaso, noi andiamo a toccare la Via Lattea e in questa placa incontriamo: il *Cigno* (figura 309) somigliante ad una croce; la *Lira* con la bella stella Vega; l'*Aquil* con Altair che ha due satelliti.

Fig. 309.

Tali sono i principali personaggi che abitano le regioni circumpolari, da una parte; in breve faremo più ampia conoscenza con essi. Intanto che stiamo tracciando delle linee di orientazione, abbiamo per un poco ancora pazienza, e terminiamo la nostra ispezione sommaria di questa parte del cielo.

Eccoci ora dal lato opposto a quello di cui abbiamo parlato testè, sempre nelle vicinanze del polo. Torniamo all'Orsa maggiore.

Prolungando la curva della sua coda, troveremo poco lontano una stella di prima grandezza, *Arturo*, o α di *Boote* (Bifolco). Un piccol cerchio di stelle che vedesi a sinistra di Boote, costituisce la *Corona boreale*.

Nel mese di maggio 1861, fu vista brillare colà una bella stella il cui splendore non durò che quindici giorni. La costellazione di Boote è tracciata

in forma di pentagono. Le stelle che la compongono sono di terza grandezza, ad eccezione di *Arturo* che è di prima. Questa è una delle stelle più vicine alla Terra, giacchè fa parte del picciol numero di quelle la cui distanza potè essere misurata: non è distante che una sessantina di trilioni di leghe. Essa splende in un bel color giallo d'oro. La stella ε che si vede al disopra di α (Arturo) è *doppia*, vale a dire che il telescopio la scompone in due astri distinti uno giallo, l'altro azzurro (fig. 310).

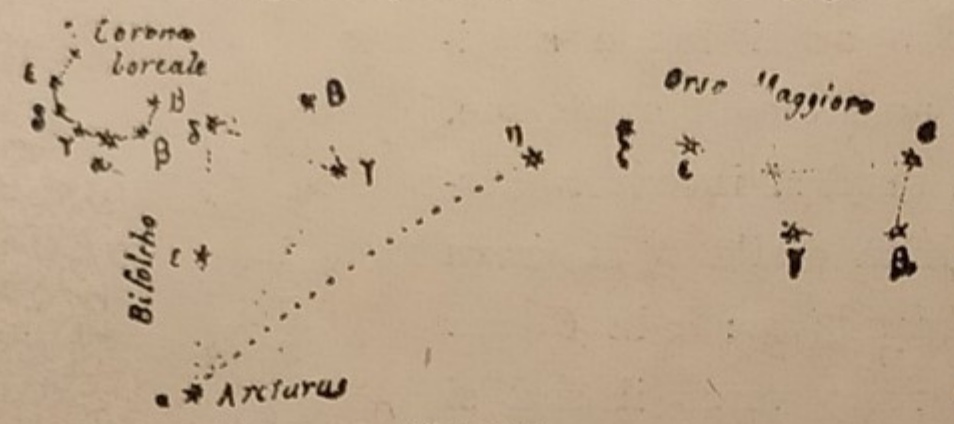


Fig. 310.

Questa descrizione tecnica è ben lontana dalla poesia della Natura; ma qui sopratutto è mestieri essere chiari e precisi.

Imaginiamoci di trovarci sotto la vòlta stellata in una bella notte splendida e silenziosa, e riflettiamo che ciascuno di quei punti che noi cerchiamo di riconoscere è un mondo, o piuttosto un sistema di mondi. Guardate quel triangolo equilatero (fig. 311); esso ci permette di fissare successivamente gli occhî sopra tre importanti soli: Vega della Lira, Arturo di Boote, e la Polare, che veglia al di sopra delle solitudini del nostro misterioso polo nord: quanti martiri della scienza sono morti contemplandola!.... Fra dodicimila anni, i nostri pronipoti vedranno la Lira governare al polo l'armonia dei cieli.

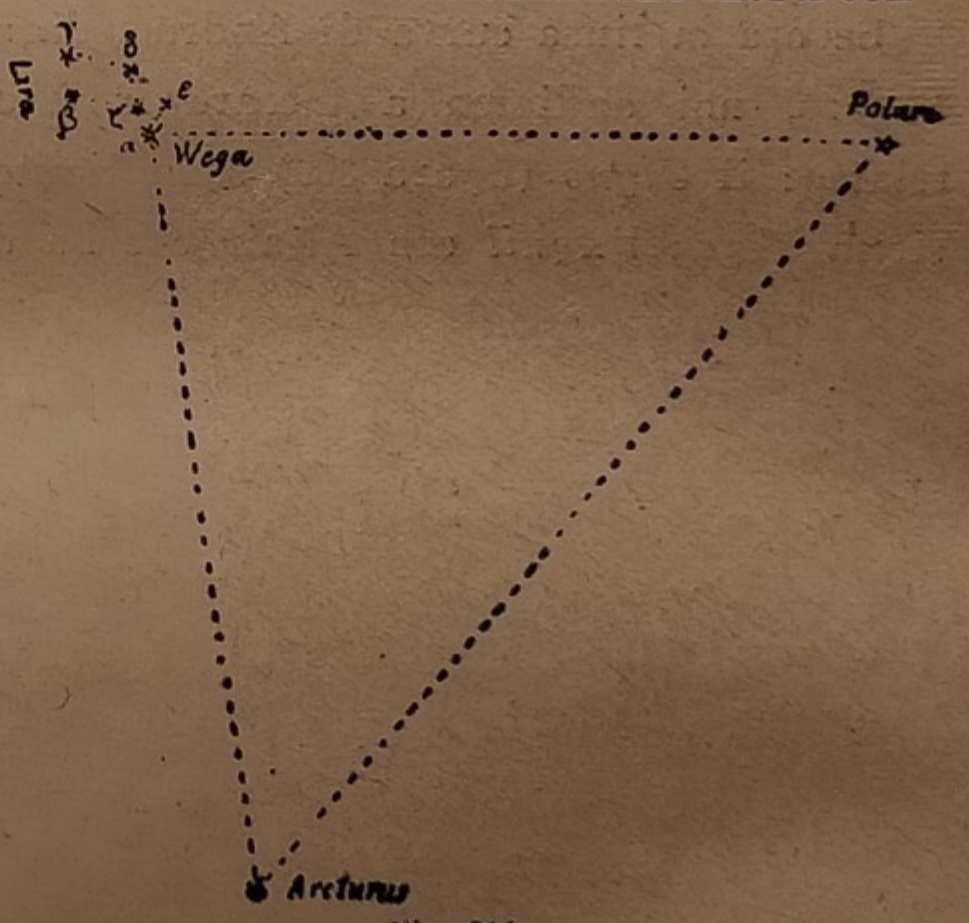


Fig. 311.

Le stelle che avvicinano il polo e che perciò hanno ricevuto il nome di circumpolari, sono distribuite nei gruppi (1) testè indicati. Esorto caldamente i miei giovani lettori ad approfittare di qualche bella sera per esercitarsi a trovare da sè medesimi in cielo queste costellazioni. Il mezzo migliore sta nel far ricorso ai precedenti allineamenti ed al disegno d'insieme qui riprodotto.

Son desse le principali stelle e costellazioni dell'emisfero boreale, il cui vertice è nel polo nord e la base all'equatore. Seguono ora nell'ordine della nostra descrizione le dodici costellazioni della cintura zodiacale, che fa il

---

(1) Vi sono altre tre grandi costellazioni circumpolari non citate qui dall'autore, e sono, come si può vedere nella fig. 305; la *Giraffa*, che occupa lo spazio triangolare che si estende fra la Polare, Perseo e il Cocchiere (a cui spetta Capella); *Cefeo*, dalla banda opposta all'Orsa maggiore, fra Cassiopea e il Cigno: il *Dragone*, costellazione irregolare che avvolge l'Orsa minore.

IL TRAD.

giro del cielo, inclinata di 23° all'equatore, e la cui linea mediana è formata dall'eclittica, strada apparente del Sole. Il nome di Zodiaco, dato alla zona stellare che il Sole attraversa durante il corso di un anno, viene da ζωδιον, *animale*, etimologia dovuta al genere di figure tracciate su quella fascia. Sono

Fig. 312. — Stelle principali che circondano il polo nord sempre visibili in Italia.

infatti animali che dominano in queste figure. Si è divisa la circonferenza intera del cielo in dodici parti che furono denominate *i dodici segni* dello Zodiaco, e i nostri padri le chiamavano « le case del Sole » ed anche « le residenze mensili di Apollo » perchè l'astro del giorno ne visita una ogni

mese, e ritorna tutte le primavere all'origine della cinta zodiacale. Due memorabili versi del poeta Ausonio ci presentano questi dodici segni nell'ordine in cui il Sole li percorre, ed è anche il mezzo più facile che si presenti per tenerli a memoria.

Sunt: Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

Ossia, in italiano: l'Ariete ♈, il Toro ♉, i Gemelli ♊, il Cancro ♋, il Leone ♌, la Vergine ♍, la Libra ♎, lo Scorpione ♏, il Sagittario ♐, il Capricorno ♑, l'Acquario ♒, e i Pesci ♓.

I segni posti a fianco di questi nomi sono un avanzo dei geroglifici primitivi con cui si indicavano: ♈ rappresenta la corona dell'Ariete; ♉ la testa del Toro; ♒ è una corrente di acqua, ecc.

Se noi ora conosciamo il nostro cielo boreale, se le sue stelle le più importanti sono sufficientemente fissate nella nostra mente coi rapporti reciproci ch'esse tra loro mantengono, noi non abbiamo più a temere confusioni, e ci sarà agevole il riconoscere le costellazioni zodiacali. Questa zona può servirci di linea di separazione fra il nord e il sud. Eccone la descrizione:

L'*Ariete*, che procede alla testa del suo gregge, e ne regola per così dire la marcia, apre la serie. Questa costellazione non ha, per se stessa, nulla di rimarchevole: la più brillante delle sue stelle segna la base di una delle corna del conduttore delle pecore: essa non è che di seconda grandezza. Ma la scelta del suo nome non mancava di opportunità.

Dopo l'Ariete viene il Toro. Contemplate in una bella notte d'inverno le dolci Plejadi che scintillano nell'etere: non lontano da queste brilla una bella stella rossa: è l'*Occhio* del Toro, *Aldebaran*, di prima grandezza ed una delle più belle del nostro cielo. (Questa descrizione vuol essere accompagnata da un sguardo sul piano dello Zodiaco riprodotto qui appresso). Adesso giungiamo ai *Gemelli*, le cui due teste sono segnate da due belle stelle di seconda grandezza: Castore e Polluce, situate un po' al disopra di una stella di prima grandezza: *Procione* del Cane minore; il *Cancro* o Gambero, costellazione assai poco appariscente: le sue stelle più visibili non sono che di quarta grandezza ed occupano il corpo dell'animale; il *Leone*, bella costellazione contraddistinta da una stella di 1ª grandezza, *Regolo*, da una seconda, β e da altre parecchie di 2ª e 3ª grandezza disposte in trapezio; la *Vergine*, indicata da una stella brillantissima, di prima grandezza detta *Arturo* che trovasi sul prolungamento della coda dell'Orsa maggiore; la *Libra* segnata da due stelle di seconda grandezza, che somiglierebbero esattamente ai Gemelli, se fossero più vicine fra loro; lo *Scorpione*, costellazione rimarchevole: una stella

di prima grandezza, di una bella luce rossa *(Antares)*, segna il *Cuore* dell'animale, in mezzo a due stelle di terza grandezza: il *Sagittario*, la cui freccia indicata da tre stelle (fra la seconda e la terza grandezza) è diretta verso la coda dello scorpione; il *Capricorno*, costellazione di poca appariscenza, che si conosce per due stelle di terza grandezza, vicinissime fra loro, che segnano la base delle corna dell'animale; l'*Aquario*, indicato da tre stelle di terza grandezza disposte in triangolo e delle quali la settentrionale trovasi sull'equatore; i *Pesci*, composta di stelle appena apparenti (dalla terza

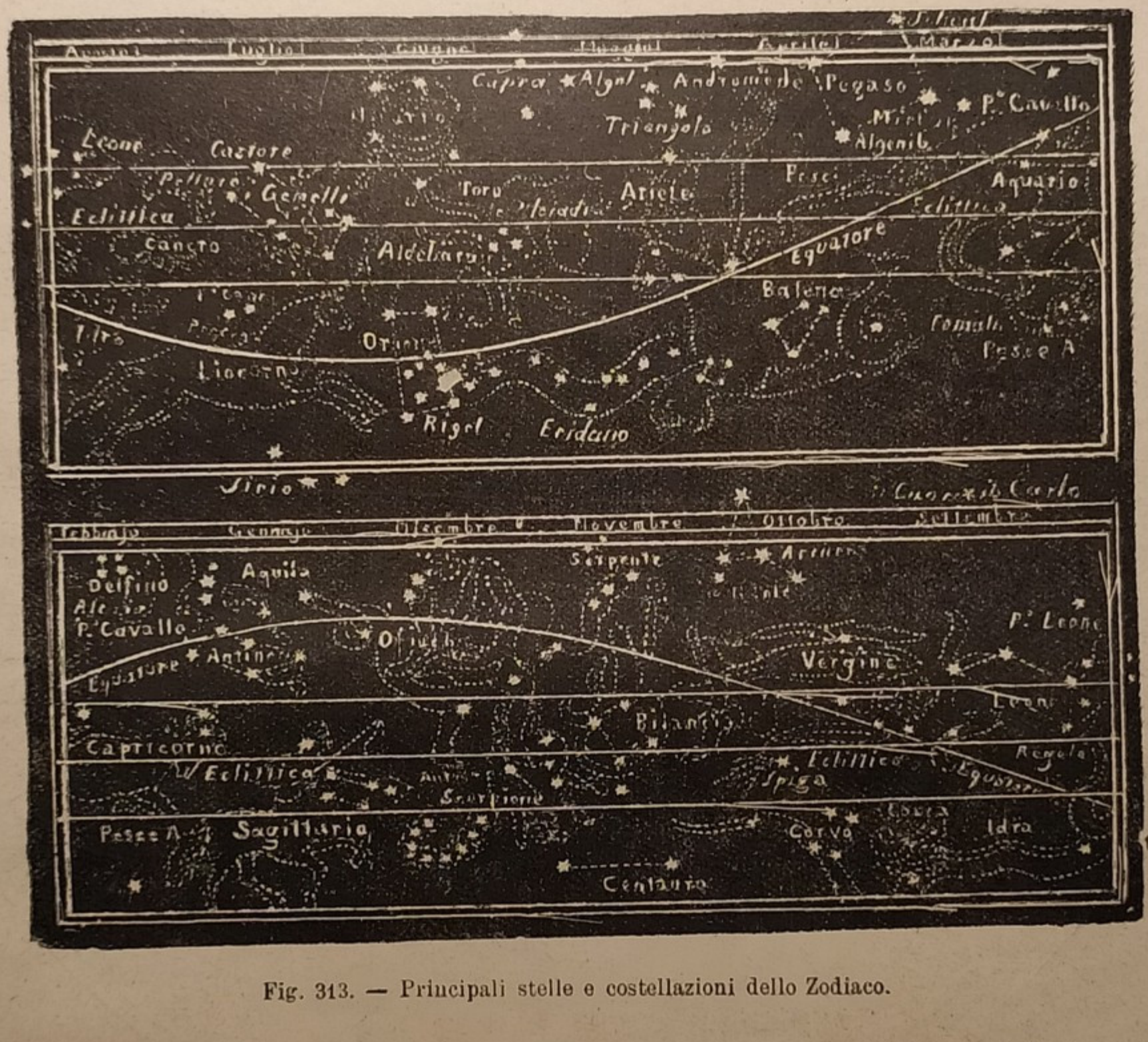


Fig. 313. — Principali stelle e costellazioni dello Zodiaco.

alla quarta grandezza) situate al sud di un grande e magnifico quadrilatero, il quadrato di Pegaso, di cui abbiamo già parlato.

Abbiamo enumerato le costellazioni zodiacali nell'ordine del moto diretto (da ovest ad est) del Sole, della Luna e dei pianeti che le attraversano. All'epoca della loro situazione esse segnavano il passaggio mensile del Sole in ciascuna di esse:

« Il Cielo diventò un libro in cui la Terra attonita
Lesse la storia dell'anno in lettere di fuoco. »

La distribuzione delle stelle in gruppi figurati fu la prima scrittura veramente geografica: essa era incisa sul firmamento a caratteri indelebili!

Lo zodiaco ha avuto gran parte nella storia antica di ogni popolo, nella formazione dei calendarî, nella istituzione delle feste pubbliche, nella costituzione delle ère. La scoperta dello zodiaco di Denderah, fatta dai dotti francesi in Egitto sullo scorcio del secolo passato, aveva a tutta prima lasciato

Fig. 314. — Antico Zodiaco egiziano.

credere ad un'antichità di quindicimila anni; ma oggi è dimostrato che da questa data bisogna sottrarre la metà del ciclo della precessione, vale a dire quasi tredicimila anni, ciò che fa risalire questa scoltura soltanto a duemila anni prima della nostra epoca, cifra infatti che, d'altra parte, corrisponde alle testimonianze dell'archeologia. È notevole il fatto che tutti gli antichi zodiaic

e calendarî che ci furono tramandati, fanno cominciar l'anno alla costellazione del Toro. Lo zodiaco della pagoda di Elefanta (Salsetta) ha in capo all'andamento dei segni il Toro sacro, il bue Api, Mithra, di cui è un lontano ricordo la passeggiata del bue grasso, che si fa ancora attualmente nei dintorni di Parigi. La soffitta di una camera sepolcrale di Tebe porta il Toro in capo alla processione. Lo zodiaco di Esnè, il quadro astronomico scoperto da Champollion nel Rhamesseum di Tebe risalgono alla stessa origine, cioè a due o tremila anni prima dell'èra volgare; Biot ammette anzi

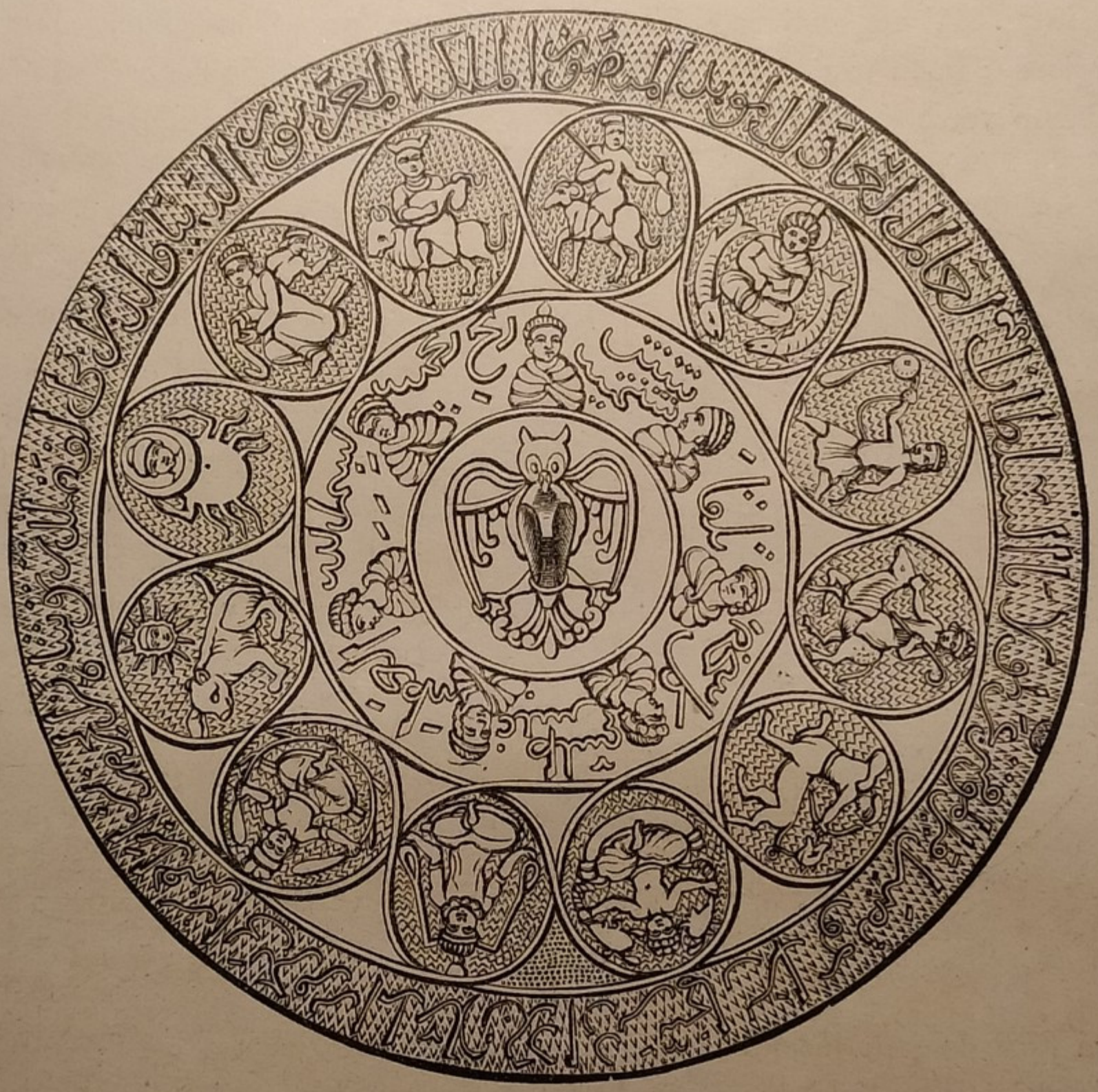


Fig. 315. — Antico Zodiaco arabo.

per quest'ultimo la data del 3285, passando l'equinozio di primavera per le Iadi sulla fronte del Toro. Il P. Goubil ha accertato che, fin dall'antichità, i Chinesi hanno riferito il principio del movimento apparente del Sole alle stelle del Toro, ed abbiamo una osservazione chinese della stella η delle Plejadi che segna l'equinozio di primavera l'anno 2357 avanti Cristo. Esiodo canta le Plejadi che dirigono i lavori dell'anno, e il nome di Vergiliæ, dato ad esse dagli antichi Romani, le associa all'origine dell'anno in primavera.

Senza entrare in dettagliate discussioni circa i diversi zodiaci che ci ven-

nero conservati, appartenenti ai popoli più antichi e più disparati, ci basti dare un'occhiata su quelli che sono qui riprodotti per valutare la parte che hanno avuta nelle antiche religioni. Parecchî segni zodiacali sono diventati dei veri Dei. La fig. 314 riproduce il planisfero egizio dei paranelloni, secondo l'*Edipo*, di Kircher. Quello che segue (fig. 315) fu inciso nel XIII secolo sopra uno specchio magico arabo dedicato al principe sovrano Abulfold, « Sultano vittorioso, luce del mondo », se si deve credere all' enfatica iscrizione che lo ricinge. Il terzo (fig. 216) è un antico zodiaco indiano. Più innanzi vedesi (fig. 317) uno zodiaco chinese impresso sopra un talismano ancora in uso oggigiorno; ma i suoi dodici segni differiscono dai nostri; sono (procedendo dal basso verso sinistra): il Sorcio, la Vacca, la Tigre, il Coniglio, il Dragone, il Colubro, il Cavallo, l'Ariete, la Scimia, la Gallina, il Porco. Il quarto disegno (fig. 318) rappresenta pure una medaglia chinese, su cui si vede la costellazione *Teou*, l' Orsa maggiore (che chiamano il Moggio), il Serpente, la Spada e la Testuggine: è un talismano destinato ad infondere coraggio; sembra che i Chinesi ne abbiano assai bisogno, giacchè essa è tanto diffusa in China quanto lo è in Francia la medaglia della Immacolata Concezione!

Fig. 316. — Antico Zodiaco indiano.

Fra tutte le costellazioni zodiacali, quella del Toro ha avuto la parte principale nei miti antichi, e, in questa stessa costellazione, è lo scintillante ammasso delle Plejadi che sembra aver regolato il corso dell'anno e il calendario presso tutti i popoli antichi. Lo stesso diluvio mosaico, riferito al 17 Athir (novembre), in commemorazione di un'importante inondazione, aveva la sua data in coincidenza colla comparsa delle Plejadi.

Ma noi dimentichiamo le stelle.

Se il lettore ha, colle carte, tenuto dietro attentamente alle nostre descrizioni, ei deve ora conoscere abbastanza bene le costellazioni zodiacali al par di quelle settentrionali. Poco ci resta quindi a fare per conoscere il cielo intiero. Ma v'ha un'aggiunta indispensabile a fare a quel che precede. Le stelle cir-

cumpolari sono perpetuamente visibili sull'orizzonte di Parigi (1) in qualsivoglia momento dell'anno vogliansi osservare, basta volgersi verso il nord, e si trovano sempre, sia al disopra della Polare, sia al di sotto, sia da una banda, sia dall'altra, giacchè esse mantengono sempre fra di loro i rapporti che ci hanno servito per rintracciarle.

Le stelle dello Zodiaco non rassomigliano loro sotto questo punto di vista giacchè esse sono ora sopra, ora sotto l'orizzonte. Bisogna dunque sapere a che epoca sono esse visibili. Ci basterà per questo di ricordare qui la costellazione che si trova in mezzo al cielo, *a nove ore di sera,* il primo giorno d'ogni mese, quella per esempio che attraversa in quel momento una linea che dallo zenit scende al punto cardinale di mezzodì (2).

Questa linea è il *meridiano,* di cui abbiamo già fatto parola: tutte le stelle

Fig. 317.
Zodiaco chinese impresso sopra un talismano.

Fig. 318.
Medaglia chinese recante l'Orsa maggiore.

lo attraversano una volta al giorno, passando da est a ovest, vale a dire da sinistra a destra per chi guarda a mezzogiorno. Indicando ciascuna delle costellazioni che passano all'ora suindicata, noi diamo così il centro delle costellazioni visibili. (Queste costellazioni sono segnate per nove ore di sera e per mezzanotte, sulla fascia equatoriale pel planisfero celeste.)

---

(1) Per Milano le condizioni sono alquanto differenti, a motivo della minor latitudine geografica di quest città a confronto di Parigi per la quale essa è di 48°,50', il che fa una differenza di 3°,4'. Tale differenza vuol dire che lo zenit di Parigi è più vicino al polo nord che non quello di Milano, e per conseguenza l'orizzonte di Parigi a nord è più lontano dal polo di 3°,24', in arco misurati sul meridiano. Per noi dunque tutte le stelle che distano dal polo meno di 45°,30' in arco non tramontano mai, mentre a Parigi questo è a dirsi per le stelle che sono lontane meno di 48°,50' in arco. Sarà facile fare questo calcolo per qualunque altra città, riflettendo che un abitante del polo avrebbe per orizzonte l'equatore (nessuna stella nasce nè tramonta), e un abitante dell'equatore ha per orizzonte un circolo massimo passante pei poli (tutte le stelle sorgono e tramontano). IL TRAD.

(2) Per norma del lettore: longitudine di Milano = 9°,11', *E*; longitudine di Parigi = 2°,20', *E*: differenza = 6°, 51' = in tempo a 27 minuti; per cui le stelle che passano al meridiano di Parigi alle 9 di sera (circa) passano 27 minuti prima al meridiano di Parigi.

Milano

Il 1.° gennajo, il Toro passa al meridiano a 9 ore di sera: osservate Aldebaran, le Plejadi. — Al 1.° febbrajo i Gemelli non vi sono ancora, si vedono un po' a sinistra. — 1.° marzo: Castore e Polluce sono passati, Procione è al sud, a sinistra le piccole stelle del Granchio. — 1.° aprile: il Leone con Regolo. — 1.° maggio: β Leone, la chioma di Berenice. — 1.° giugno: la Spica della Vergine, Arturo. — 1.° luglio: la Libra, lo Scorpione. — 1.° agosto: Antares, Ofiuco. — 1.° settembre: Sagittario, l'Aquila. — 1.° ottobre: Capricorno, Aquario. — 1.° novembre: i Pesci e Pegaso. — 1.° dicembre: l'Ariete.

La nostra perlustrazione generale del cielo vuol ora essere completata cogli astri del cielo australe.

Osservate la nostra carta zodiacale; inferiormente al Toro ed ai Gemelli, al sud dello Zodiaco, voi osserverete il gigante Orione che alza la sua clava sulla fronte del Toro. Vi si distinguono sette stelle brillanti; due di esse, α e β, sono di prima grandezza: le altre cinque sono di secondo ordine: α e γ segnano le spalle, $\varkappa$ il ginocchio destro, β il ginocchio sinistro; δ, ε, ζ, segnano il Balteo o Cinto; al di sotto di questa linea vedesi una striscia luminosa formata da tre stelle vicinissime: è la Spada. Fra la spalla occidentale γ e il Toro vedesi lo scudo, composto di una fila di piccole stelle. La testa è indicata da una piccola stella ι, di 4ª grandezza.

In una bella sera d'inverno, volgetevi verso sud, e riconoscerete immediatamente questa gigantesca costellazione. Le quattro stelle α, γ, β, $\varkappa$, occupano gli angoli di un quadrilatero, le altre tre δ, ε, ζ, sono chiuse in direzione obliqua in mezzo a questo quadrilatero; α nell'angolo nord-est si chiama *Betelgeusa*; β all'angolo sud-ovest chiamasi *Rigel*.

La linea del Cinto, prolungata dai due lati passa a nord-ovest per *Aldebaran* od occhio del Toro che conosciamo già, e al sud-est per *Sirio* la più bella stella del cielo, di cui ci occuperemo fra poco.

Questa bella costellazione è facile a riconoscersi: — 1.° sul frontispizio della pag. 647; — 2.° sulla carta zodiacale della pag. 663; — 3.° sulla nostra carta generale (vedi tavola a pag. 670) sulla quale sono segnate tutte le stelle fino alla 4ª grandezza.

Egli è durante le splendide notti d'inverno che questa costellazione brilla la sera sul nostro orizzonte.

In nessun'altra stagione il cielo è così magnificamente costellato, come nei mesi d'inverno. Mentre la natura ci priva, da una parte, di certi godimenti, essa ce ne offre in cambio altri non meno preziosi. Le meraviglie del cielo ci si svolgono innanzi partendo dal Toro e da Orione all'est, fino alla Vergine e al Bifolco all'ovest: sopra diciotto stelle di prima grandezza che si contano in tutta la distesa del firmamento, dodici sono visibili da nove ore

a mezzanotte, senza parlare di quelle di second'ordine, delle rimarchevoli nebulose, e di oggetti celesti degni di tutta l'attenzione dei mortali. È così che, la natura stabilisce un compenso armonioso, e che, mentre essa attrista le nostre giornate invernali rapide e fredde, ci dà in cambio delle lunghe notti ricche delle più opulenti creazioni del cielo.

La costellazione di Orione non è solamente la più ricca di stelle brillanti, ma nasconde altresì, per gli iniziati, dei tesori che nessun'altra potrebbe offrire. Si potrebbe quasi chiamarla la California del cielo.

Al sud-est di Orione, sulla linea dei Tre Re, risplende la più magnifica di tutte le stelle, *Sirio*, od α della costellazione del *Cane maggiore*. Questo astro di prima grandezza segna l'angolo superiore orientale di un gran quadrilatero, la cui base, vicina all'orizzonte di Milano (e di Parigi), è adiacente a un triangolo. Questa costellazione si leva la sera, alla fine di novembre, passa al meridiano a mezzanotte sul finir di gennajo, e tramonta alla fine di marzo. Essa ha avuto la parte la più importante nell'astronomia egizia, giacchè regolava il calendario antico. Era la famosa *Canicola:* essa prediceva l'inondazione del Nilo, il solstizio d'estate, i grandi calori e le febbri; ma la processione degli equinozî ha da tremila anni in poi fatto indietreggiare di un mese e mezzo l'epoca della sua comparsa, ed oggi questa bella stella non annunzia più nulla, nè agli Egizî che sono morti, nè a' loro successori. Ma vedremo più lungi quanto essa ci insegna intorno alle grandiosità dell'universo siderale.

Il *Cane minore,* con Procione, che abbiamo già veduto sulle nostre carte zodiacali, trovasi sopra il suo primogenito e sotto i Gemelli, Castore e Polluce, all'est di Orione. Nessuna stella brillante la distingue tranne α (Procione).

L'*Idra* è una lunga costellazione che occupa il quarto dell'orizzonte sotto il Granchio, il Leone e la Vergine. La testa, formata di quattro stelle di quarta grandezza, è a sinistra di Procione sul prolungamento di una linea condotta per questa stella e Betelgeusa. Il lato occidentale del gran trapezio del Leone, come la linea di Castore e Polluce, si dirige sopra α, di seconda grandezza: è il cuore dell'Idra; si notano degli asterismi di second'ordine, il *Corvo* e la *Tazza*.

L'*Eridano,* la *Balena,* il *Pesce australe* e il *Centauro* sono le sole costellazioni importanti che ci resta a descrivere. — Si trovano nell'ordine che abbiamo indicato, alla destra di Orione. L'Eridano è un fiume composto di una serie di stelle formanti una linea serpeggiante dal piede sinistro di Orione (Rigel), e perdentesi sotto l'orizzonte. Dopo aver seguìto delle lunghe sinuosità, termina con una bella stella di prima grandezza α od *Achernar*. È questo il fiume in cui cadde Fetonte, il maldestro conduttore del carro del Sole; fu posto in cielo per consolare Apollo della morte di suo figlio.

Per rintracciar la Balena, si noti, al di sopra di Ariete, una stella di seconda grandezza che forma un triangolo equilatero coll'Ariete e le Plejadi: è ∝ della Balena o la Mascella; ∝, μ, ξ e γ formano un parallelogrammo che segna la testa. Questa base ∝, γ si prolunga sopra una stella di terzã grandezza δ e sopra una stella del Collo ο. Questa stella è una delle più singolari del cielo: la si chiama la Meravigliosa, *Mira Ceti*. Essa appartiene alla classe, delle stelle *variabili*. Ora essa pareggia in splendore le stelle di seconda grandezza, ora essa diventa completamente invisibile. Si è tenuto dietro a queste variazioni fin dallo scorcio del sedicesimo secolo, e si è riconosciuto che esse si riproducono periodicamente ogni 331 giorni in media. Lo studio di questi astri singolari ci presenterà dei curiosi fenomeni.

Finalmente la costellazione del Centauro è situata sotto la Spiga della Vergine. La stella θ, di seconda grandezza e la stella ι, di terza grandezza segnano la testa e la spalla. Il Centauro comprende la stella *la più vicina a noi*, l'∝, di prima grandezza, la cui distanza è di otto trilioni di leghe. I piedi posteriori dell'animale si accostano alla *Croce del Sud*, costituita di quattro stelle di seconda grandezza, sempre invisibile sul nostro orizzonte. Essa regna in silenzio sulle solitudini agghiacciate del polo australe, ove la nave non si inoltra che con timore. Più lontano, al centro dell'altro emisfero, trovasi il polo australe celeste, che non è individuato da nessuna stella notevole.

Completeremo queste descrizioni con una breve cronologia astronomica che non può mancare di interesse. Dietro l'attento esame delle più antiche fonti storiche della nostra astronomia classica, ecco in qual ordine le costellazioni sembrano essere state rilevate, formate e denominate, cominciando dalle più antiche.

	CITAZIONI PIÙ ANTICHE.
L'Orsa Maggiore	*Giobbe*, XXXVIII. 31. (XVII secolo avanti C.) *Omero* (IX secolo).
Orione	*Giobbe*, IX, 9. *Omero*, *Esiodo*.
Le Plejadi, le Iadi	*Giobbe*, XXXVIII, 31. *Omero, Esiodo.*
Sirio e il Cane maggiore.	*Esiodo* lo nomina. *Omero* lo chiama l'Astro dell'autunno.
Aldebaran, il Toro	*Omero, Esiodo.*
Boote, Arturo	*Omero, Esiodo.*
L'Orsa minore	*Talete* (VII secolo). *Eudossio, Arato.*
Il Dragone	*Eudossio* (IV secolo). *Arato* (III secolo)
L'Uomo in ginocchio od Ercole	Id.
Il Ramoscello e Cerbero	Id.
La Corona Boreale	Id.
Ofiuco o il Serpentario	Id.
Lo Scorpione, Le Branche	Id.
La Vergine e la Spiga.	Id.
I Gemelli	Id.
Procione.	Id.
Il Cancro	Id.
Il Leone.	Id.
L'Auriga	Id.
Capella, La Capra e i Capretti	Id.
Cefeo	Id.

	CITAZIONI PIÙ ANTICHE.
Cassiopea	*Eudossio*
Andromeda	Id.
Il Cavallo, Pegaso	Id.
L'Ariete	Id
Il Deltoton, il Triangolo	Id.
I Pesci	Id.
Perseo	Id.
La Lira	Id.
L'Uccello o il Cigno	Id
L'Aquila	Id.
L'Aquario	Id
Il Capricorno	Id.
Il Sagittario	Id.
La Freccia	Id.
Il Delfino	Id.
La Lepre	Id.
La Nave	Id
Canobus, più tardi scritto Canopus	Id.
L'Eridano (fiume)	Id.
La Balena	Id
Il Pesce australe	Id.
La Corona australe	Id.
L'Altare	Id.
Il Centauro	Id.
La Bestia o il Lupo	Id.
L'Idra	Id.
La Tazza	Id.
Il Corvo	Id.
La Libra	*Manetone* (III secolo av. C.). *Geminus* (I secolo id...
La Chioma di Berenice	*Callimaco. Eratostene* (III secolo).
I piedi del Centauro, detto poi Croce del Sud	*Ipparco* (I. secolo av. C.).
Propus (η Gemelli)	Id.
Il Presepio e gli Asini	Id.
Il Piccolo Cavallo	Id.
La Testa di Medusa	Id.
Antinoo	Sotto l'imperatore *Adriano* (l'anno 130 èra volg.).
Il Pavone	*Giovanni Bayer*, 1603.
Il Tucano	Id.
La Gru	Id.
La Fenice	Id.
La Dorada	Id.
Il Pesce volante	Id.
L'Idra maschio	Id.
Il Camaleonte	Id.
L'Ape	Id.
L'Uccello di Paradiso	Id.
Il Triangolo australe	Id.
L'Indiano	Id.
La Giraffa	Id.
La Mosca	Id.
Il Lioncorno	Id.
La Colomba di Noè	Id.
La Quercia di Carlo II	*Halley*, 1679.
La Croce del Sud (già veduta dagli antichi)	*Agostino Royer*, 1677.
La Piccola e la Gran Nube	*Hevelius*, 1690.
Il Fioraliso	Id.
I Cani da Caccia o i Levrieri	Id.
La Volpe e l'Oca	Id.
La Lucertola	Id.
Il Sestante di Urania	Id.
Il Leone minore	Id.
La Lince	Id.
Lo Scudo di Sobieski	Id.

	CITAZIONI PIÙ ANTICHE.
Il Piccolo triangolo	*Hevelius*, 1690.
Il Monte Menalo	*Flamsteed*, 1725.
Il Cuore di Carlo II (α Levrieri)	Id.
Lo Studio dello scultore	*Lacaille*, 1752.
Il Fornello del chimico	Id.
L'Orologio	Id.
Il Reticolo	Id.
Il Bulino dell'incisore	Id.
Il Cavalletto del pittore	Id.
La Bussola	Id.
La Macchina Pneumatica	Id.
L'Ottante	Id.
Il Compasso e la Squadra	Id.
Il Telescopio	Id.
Il Microscopio	Id.
La Montagna della Tavola	Id.
La Renna	*Lemonnier*, 1776.
Il Solitario, uccello indiano	Id.
Il Camparo	*Lalande*, 1774.
Il Toro di Poniatowski	*Poczobut*, 1777.
Gli Onori di Federico	*Bode*, 1786.
L'Arpa di Giorgio	*Hell*, 1789.
Il Telescopio di Herschel	*Bode*, 1787.
La Macchina elettrica	*Bode*, 1790.
L'Officina tipografica	Id.
Il Quarto di circolo naturale	*Lalande*, 1795.
L'Aerostato	*Lalande*, 1798.
Il Gatto	*Lalande*, 1799.

Tali sono le costellazioni, antiche e moderne, venerande o recenti, in cui fu divisa e suddivisa la sfera celeste. Le antiche sono rispettabili e rispettate, a motivo dei loro rapporti noti od ignoti colle origini della storia e delle religioni; le nuove dovevano essere effimere, e la doppia Carta celeste riprodotta nella tavola (vedi in fine del volume) è la sola che le comprenda tutte. È utile il conoscerle, perchè parecchie stelle, celebri sotto diversi titoli, hanno per indicazione principale la loro posizione in questi asterismi; ma quel che noi possiamo desiderare di meglio è di vederle sparire (1).

Si sono del resto tentate molte altre sostituzioni. Possiedo nella mia biblioteca uno splendido in-folio dell'anno 1661, che contiene 29 tavole incise, colorate, miniate, inargentate e dorate, fra le quali se ne ammirano due che rappresentano il cielo liberato dai pagani e popolato da cristiani. Sono state

---

(1) Sopratutto quelle che sono assolutamente superflue ed occupano degli spazi sottratti alle antiche costellazioni, come la Quercia di Carlo II, la Volpe e l'Oca, la Lucertola, il Sestante, lo Scudo di Sobieski, il Monte Menalo, la Renna, il Solitario, il Camparo, il Toro di Poniatowski, gli Onori di Federico, l'Arpa, il Telescopio, il Circolo murale, l'Aerostato, la Macchina elettrica, l'Officina Tipografica e il Gatto. So benissimo che a proposito di questo animale Lalande lasciò scritto: « Io amo i gatti, adoro i gatti; mi sarà ben perdonato se ne ho messo uno in cielo dopo i miei sessanta anni di assidui lavori. » Ma l'illustre astronomo non ha bisogno di questo pretesto per restare iscritto in caratteri d'oro sulle tavolette d'Urania. La Quercia di Carlo II non è che una piaggeria da cortigiano; lo Scudo di Sobieski, il Toro di Poniatowski, debbono cader dal cielo; il Camparo o Pastore (in francese Messier) non è che un giuoco di parole (in francese, s'intende) per dar a custodire le celesti greggie, a un pastore il cui nome fosse lo stesso di quello del secondo scopritor di comete Messier; in quanto agli Onori di Federico, essi usurpano un posto immeritato, dacchè per far loro posto, Andromeda ha dovuto *ritirare il braccio ch'essa stendeva colà da tremila anni*.

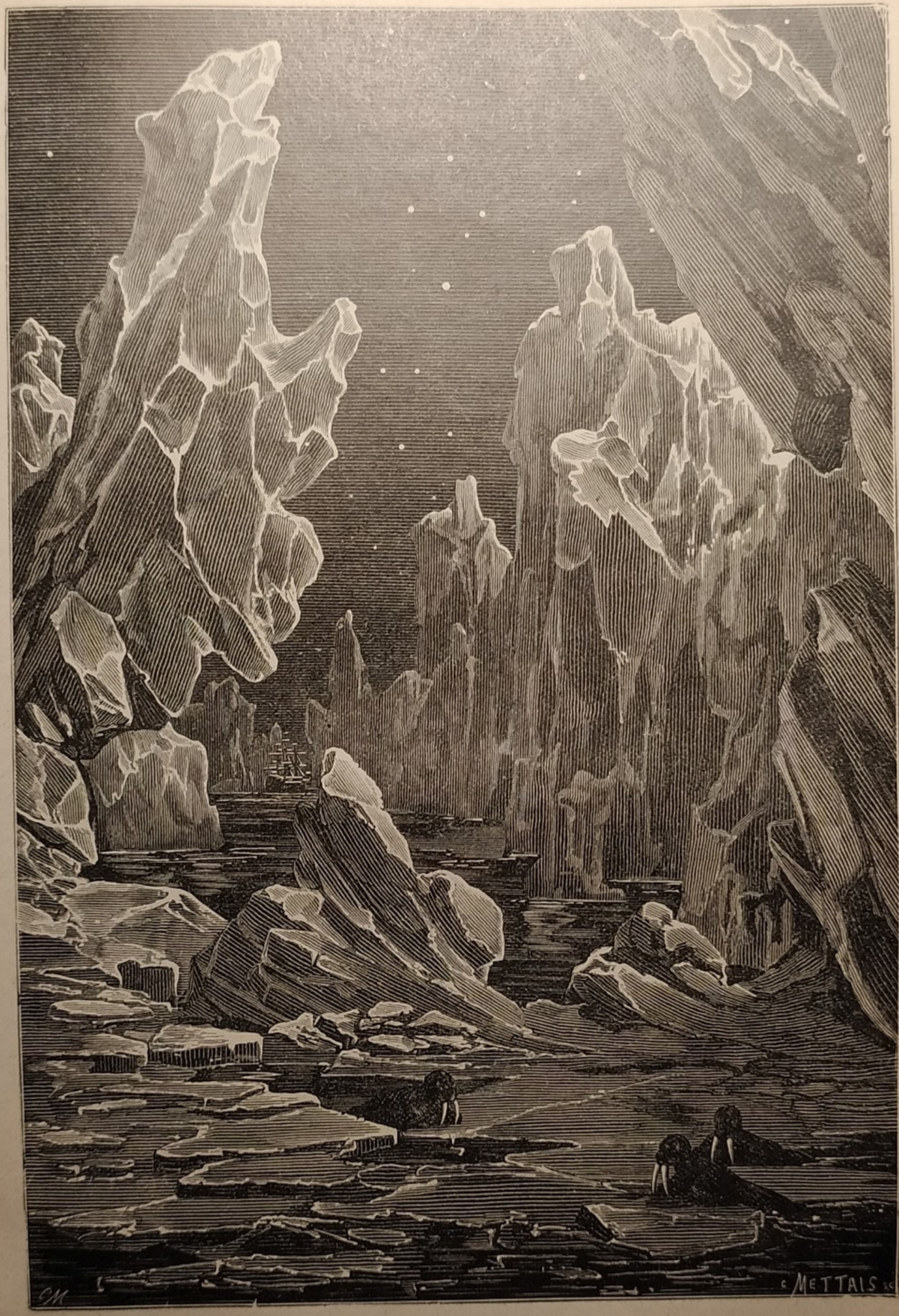


Fig. 319. — La Croce del Sud regna in silenzio sulle solitudini ghiacciate del polo australe ove la nave non s'inoltra senza timore.

riprodotte alla meglio nelle nostre figure 320 e 321, troppo piccole però per poter contenere una siffatta popolazione. In luogo di divinità più o meno virtuose, in vece di animali d'ogni forma più o meno fantastici, vi si ammirano gli eletti apostoli, santi, papi, martiri, personaggi sacri dell'Antico e del Nuovo Testamento, maestosamente seduti sulla vôlta celeste, abbigliati di ricche vesti di tutti i colori e fregiate d'oro, accuratamente insediati al posto di tutti quegli eroi pagani che da tanti secoli regnavano in cielo.

L'autore di questa metamorfosi chiamasi Giulio Schiller, che la mise in luce l'anno 1627 accoppiando al proprio nome quello di Giovanni Bayer. Egli incomincia la sua dissertazione in proposito, mostrando quanto le costellazioni pagane sieno contrarie al sentimento cristiano e ben anche al semplice buon senso. Cita i padri della Chiesa che le disapprovano formalmente: Isidoro, che le tratta di diaboliche; Lattanzio che riprova la seduzione del genere umano; Agostino che ne manda all'inferno gli eroi, ecc. Poi tosto entra nella sua descrizione:

I pianeti hanno la precedenza, compresi il Sole e la Luna. (È superfluo aggiungere che il bigotto e retrivo autore rimane nel sistema di Tolomeo e del medioevo, altrimenti il suo cielo cristiano non avrebbe scusa veruna). Ecco la prima metamorfosi.

Il Sole d'ora innanzi	chiamasi	Il Cristo.		Marte d'ora innanzi	chiamasi	Giosuè.	
La Luna	»	»	La Vergine Maria.	Venere	»	»	Giov. Batt.
Saturno	»	»	Adamo.	Mercurio	»	»	Elia.
Giove	»	»	Mosè.				

E l'autore ne spiega il perchè come segue: Gesù Cristo è il vero Sole, il vero re del cielo e della luce; la Vergine Maria aveva già la Luna sotto i piedi (1), essa è bianca e pura e risplende della luce di Cristo; Adamo è proprio il vecchio padre che comprende tutto nella sua orbita; Mosè è il Giove del popolo di Dio e della santa causa; Giosuè è il Marte vincitore, poichè alla sua voce il Sole stesso ha obbedito e gli ha permesso di sterminare tutti i suoi nemici; in quanto a Giovanni Battista sostituente Venere, sono stato qualche minuto prima di intenderne bene il motivo, quando a un tratto capii che infatti egli è stato « la stella mattutina di Gesù, il precursore cioè del Sole », finalmente il profeta Elia fa le veci di Mercurio perchè fu rapito al cielo in un carro di fuoco, e sarà il messaggero della fine del mondo...

---

(1) Non v'ha sciocchezza a cui non arrivino i cattolici! Maria Vergine diventa la Luna (Diana) perchè si raffigura sopra una mezza Luna; allora potrebbe trovarsi anche sugli stendardi di Maometto, e prendersi per protettrice dei cuochi! — Secondo l'innovatore si può persuadersi che vi saranno nell'Universo tanti Cristi, quindi tante redenzioni quanti vi sono Soli negli spazi celesti; e se le Lune sono tante Marie, il Cristo di Giove deve esser nato un quarto per volta, o aver veduto quattro madri, poichè Giove, come si sa, ha quattro satelliti o lune! E i pianeti che ne hanno 6 od 8? — Burloni davvero questi devoti ad ogni costo!

IL TRAD.

Passiamo ora allo zodiaco:

L'Ariete	diventa	San Pietro.	La Libra	diventa	San Filippo.
Il Toro	»	Sant'Andrea.	Lo Scorpione	»	San Bartolomeo.
I Gemelli	»	San Giacomo maggiore.	Il Sagittario	»	San Matteo.
Il Cancro	»	San Giovanni Evangelista.	Il Capricorno	»	San Simone.
Il Leone	»	San Tomaso.	L'Aquario	»	San Taddeo.
La Vergine	»	San Giacomo minore.	I Pesci.	»	San Mattia.

Fig. 320. — Tentativo di sostituzione di costellazioni cristiane alle costellazioni pagane, imaginate nel XVII secolo.

Ma basti di siffatte corbellerie (1).

Queste costellazioni formate a casaccio, nel corso dei secoli, senza scopo

---

(1) Nella seconda metà del secolo XVII, Weigel, morto nel 1699, costruì due globi celesti sui quali alle costellazioni antiche sostituì gli stemmi delle principali famiglie regnanti d'Europa. L'Orsa maggiore divenne l'elefante di Danimarca, l'Aquila diventò quella di Brandeburgo, Boote era trasformato in Giglio; Orione in Aquila romana a due teste, le Plejadi cangiavansi nella tavola pitagorica; lo Scorpione si mutò in un cappello cardinalizio. Tutte codeste sciocchezze si trovano registrate nel *Cœlum heraldicum* pubblicato a Jena nel 1688.

Aggiungiamo ancora un'osservazione abbastanza curiosa: parecchi dotti *tedeschi*, entusiasti di Napoleone, proposero nel 1808 di sostituire il suo nome a quello del Gigante Orione nelle carte celesti! I Francesi non accettarono. D'altronde la sostituzione non avrebbe durato, evidentemente, che cinque anni.

determinato, la grandezza incomoda, l'indeterminazione dei loro contorni, le indicazioni complicate per le quali bisognò qualche volta esaurire interi alfabeti, il nessun buon gusto con cui si è introdotta nel cielo australe la fredda nomenclatura di istrumenti scientifici a fianco ad allegorie mitologiche, tutti questi difetti riuniti hanno già parecchie volte suggerito dei piani di riforma

Fig. 321. — Tentativo di sostituzione di costellazioni cristiane alle costellazioni pagane, imaginate nel XVII secolo.

per le divisioni stellari e il progetto di bandirne qualunque configurazione. Ma le abitudini inveterate sono difficili a estirparsi, ed è molto probabile che tranne le ultime, che noi possiamo fin d'ora sopprimere, le venerande costellazioni antiche regneranno sempre. Tali sono le provincie del cielo. Ma le provincie non hanno valore intrinseco, l'importante per noi è di far conoscenza coi loro abitanti.

CAPITOLO III.

Posizioni delle stelle nel cielo. — Ascensioni rette e declinazioni. Osservazioni e cataloghi.

Una volta si credeva bastasse, per la descrizione del cielo, d'individuare le stelle mercè la loro posizione nelle figure a cui appartenevano. Così Regolo chiamavasi il cuore del Leone; Antares, il cuore dello Scorpione; Aldebaran, l'occhio del Toro; Rigel, il piede d'Orione, ecc.; più tardi la designazione per mezzo di lettere, fatta da Bayer nel 1603, si estese ad un maggior numero di stelle e fu più precisa; ma nell'astronomia pratica, queste posizioni approssimative non possono bastare; importa avere posizioni assolutamente precise, ed ecco in che modo si ottengono.

Come abbiamo veduto, le costellazioni fanno, in astronomia, l'ufficio che fanno, in geografia, le divisioni in regni e provincie; i nomi proprî delle stelle principali sono come i nomi delle città. Ora, siccome questi ultimi non bastano per determinare una posizione precisa sul globo terrestre, si ebbe ricorso alle coordinate geografiche dette *longitudine* e *latitudine*. Gli astronomi adoperano per le stelle un sistema analogo.

La posizione di un astro, diceva Herschel, una volta che sia ben definita, costituisce un punto fisso di un' immensa importanza nella costituzione dell'universo; lo strumento che l'ha determinata perirà, avverrà lo stesso dell'astronomo e della sua generazione, ma quel punto resta come un termine fisso di una stabilità eterna, più inalterabile dei monumenti di bronzo o delle piramidi di granito.

In astronomia, il circolo fondamentale al quale si riferiscono le posizioni delle stelle, è l'equatore celeste; lo si è scelto a preferenza d'altri, perchè lo si può sempre determinare con tutta facilità. Si chiama *declinazione* la distanza (in gradi) di una stella dall'equatore; essa è boreale od australe secondo che la stella trovasi al nord od al sud dell'equatore. Si vede che questa coordinata corrisponde alla *latitudine* geografica. L'altra coordinata che si chiama *ascensione retta,* alla *longitudine;* questa, in geografia si definisce: l'arco di equatore compreso fra il meridiano del luogo e quello di un altro (per esempio Parigi, Londra, l'Isola del Ferro, Roma, ecc.), preso ad arbitrio

come *primo meridiano*. In astronomia l'origine delle ascensioni rette non è arbitraria, ma in certo modo prescritta dalla natura, ed è situata al punto di intersezione dell'eclittica coll'equatore (1).

Per tal guisa la posizione di qualsivoglia stella (od astro, ad un istante dato) è esattamente determinata dietro la conoscenza della sua ascensione retta e della sua declinazione. Aggiungiamo che per questa è necessario indicare se boreale od australe, ciò che si esprime sia facendola seguire dalle iniziali *B*, od *A*, sia premettendole il segno +0—. Per evitare la possibilità di errore nel segno, suolsi frequentemente alla declinazione sostituire la distanza dal polo nord, la quale non può lasciar luogo ad equivoco e che vale lo stesso, poichè la distanza polare non è altro che il componimento della declinazione boreale (2), se la stessa sta fra l'equatore e il polo nord; ed è eguale alla declinazione australe aumentata di 90° se la stella è al di là dell'equatore, cioè nell'emisfero australe del cielo. Un esempio completerà immediatamente questa spiegazione:

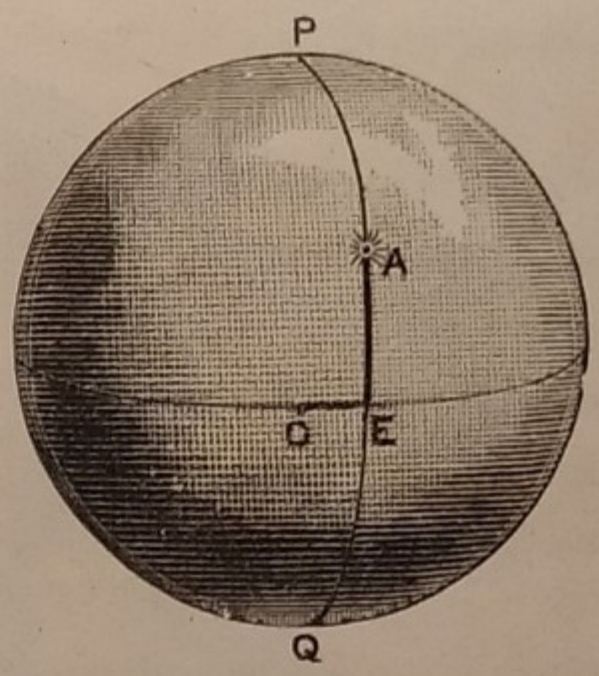


Fig. 322.

Sia una stella qualunque *A* (fig. 322) sulla sfera celeste: la linea che passa per *O* ed *E* sia l'equatore e quella che passa per *P*, *A*, *E*, *Q* sia il meridiano o *circolo orario* della stella *A*. Si chiama *declinazione* la distanza *AE*, che separa la stella dall'equatore, misurata sul cerchio *PQ* perpendicolare all'equatore. In questo caso essa è boreale, poichè la stella trovasi fra il polo nord e l'equatore. Supponiamo ch'essa sia di 40 gradi: noi scriviamo:

$$\textit{declinazione}\ (\delta) = +40°$$

e, se preferiamo esprimere la stessa posizione colla distanza polare, una sem-

---

(1) L'ascensione retta si conta dal primo punto dell'Ariete ♈ da 0° a 360°, progredendo nel verso del moto *annuo* del Sole, vale a dire, da occidente verso oriente, secondo l'ordine dei segni dello Zodiaco. La si esprime in *gradi* sia in *tempo*, precisamente come le longitudini terrestri. Così, per esprimere la distanza in longitudine da Vienna a Parigi, si può a piacere dire che vi sono 15° od un'ora di differenza; in un caso come nell'altro, è la 24ª parte della circonferenza della Terra come di quella della sfera celeste. Ogni ora di ascensione retta corrisponde a 15°, di guisa che un grado rappresenta 4 minuti di tempo. Generalmente suolsi esprimere in ore, perchè lo strumento che serve a determinarla non è altro che il *cannocchiale meridiano* di cui parleremo fra poco, il quale resta fermo nel piano del meridiano, mentre l'osservatore nota l'ora precisa in cui una stella passa dietro il filo verticale già precedentemente stato attraversato dal punto scelto per origine delle ascensioni rette.

(2) Ripetiamo qui, poichè crediamo averne già detto altrove qualche cosa, che una circonferenza qualunque s'intende sempre divisa in 360 gradi; un angolo che abbia il vertice nel centro e per lati due raggi, ha per misura l'arco che questi comprendono fra loro: se questi due raggi sono fra loro perpendicolari, l'arco sarà =¼ della circonferenza e l'angolo sarà di 90°. Ora quando un tal angolo si dimezzi con un terzo raggio condotto fra i due primi, ne risulteranno due angoli, uguali o disuguali fra loro, poco monta, ma la cui somma sarà sempre un angolo retto: questi due angoli diconsi *complementari* uno dell'altro. Se si conduce un diametro e dal centro un raggio, si formeranno due angoli misurati da due archi la cui somma è la semicirconferenza =180°. Questi due angoli diconsi *supplementari* uno dell'altro. IL TRAD.

plice sottrazione ci mostra la distanza $PA = PE - AE$, vale a dire, 90° — 40°. Essa è dunque di 50° e possiamo esprimerla scrivendo:

Distanza polare (d) = 50°.

Se la nostra stella fosse dall'altra parte dell'equatore, (cioè nell'emisfero australe) alla stessa distanza, bisognerebbe aggiungere la sua declinazione a 90° invece di sottrarnela, e la distanza polare sarebbe 90° + 40° ossia 130 gradi.

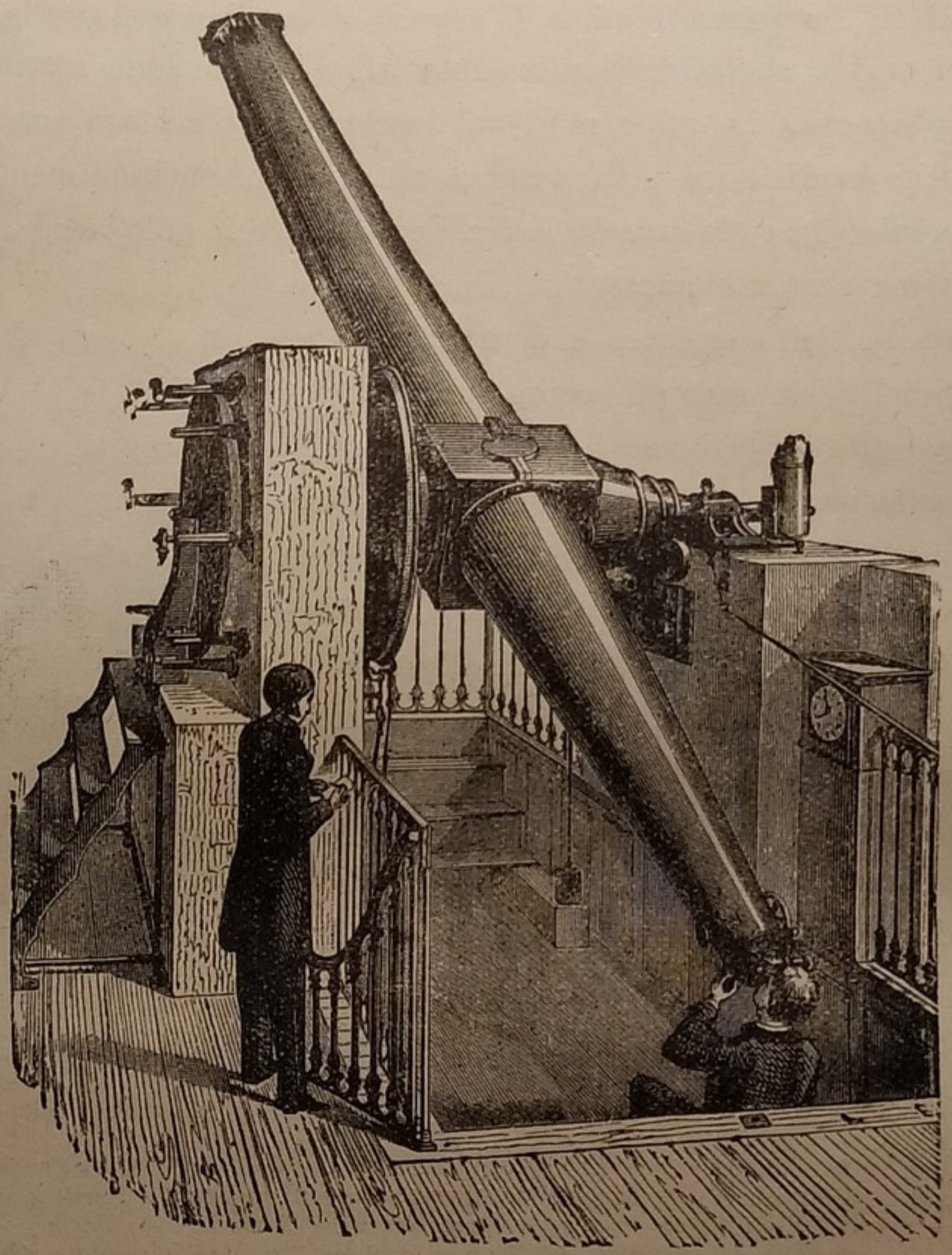


Fig. 323. — Circolo meridiano dell'Osservatorio di Parigi.

Ma questa determinazione non basta a far conoscere la posizione della nostra stella, poichè essa potrebbe trovarsi in qualunque altro punto di un cerchio tracciato a 40 gradi sopra l'equatore: bisogna ancora far conoscere la sua posizione su questo circolo, il che si otterrà determinando la distanza EO che separa il circolo orario della stella da un punto O scelto per origine delle ascensioni rette. Supponiamo che l'intervallo EO sia di un'ora e mezza; noi scriveremo:

Ascensione retta (α) = $1^h\ 30^m$.

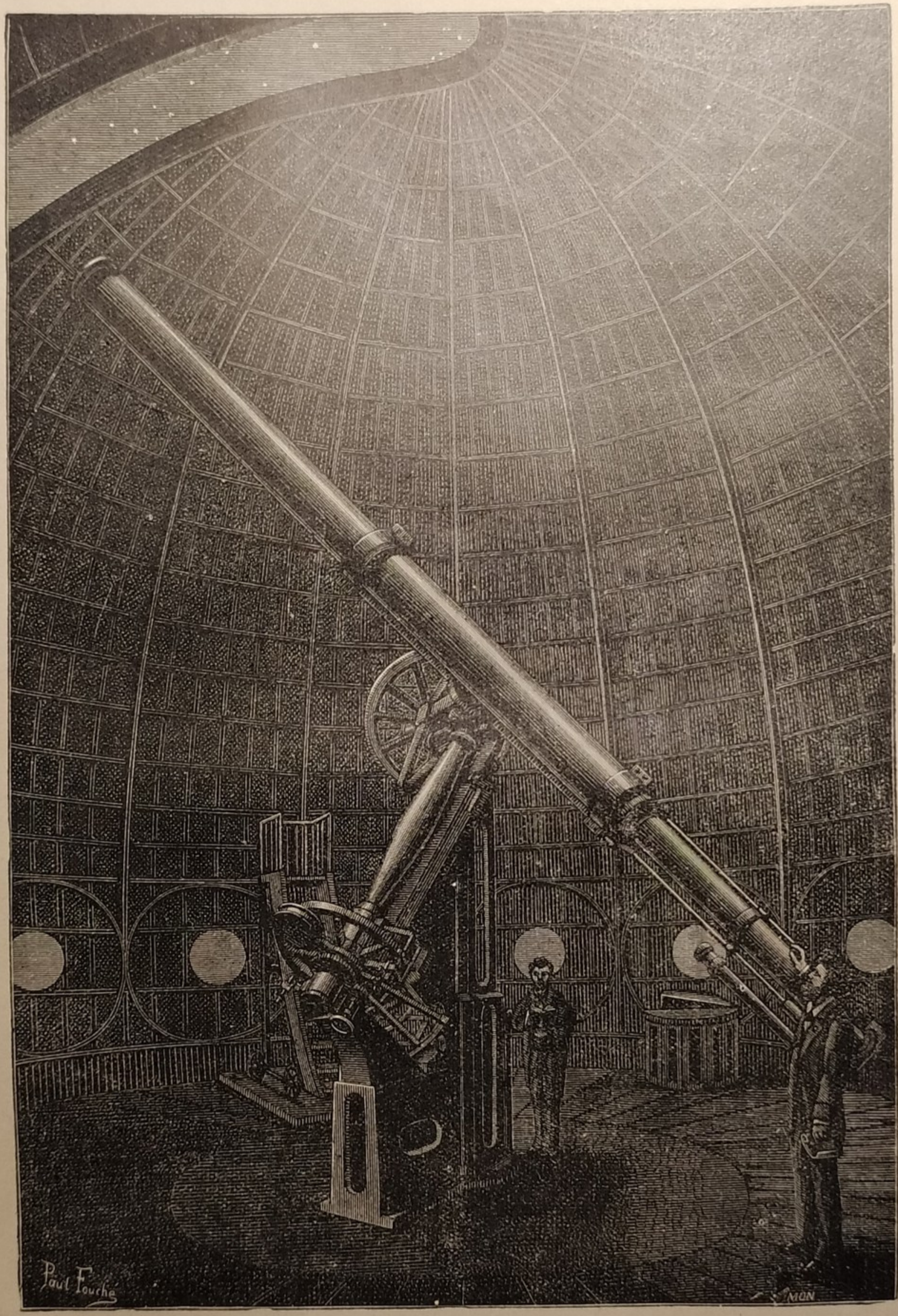


Fig. 324. — Il grande Equatoriale e la gran cupola dell'Osservatorio di Parigi.

E per tal modo la posizione della stella sulla sfera celeste è completamente determinata. Essa si scrive:

$$\alpha = 1^h\,30^m : \delta = +40°.$$

Questi due elementi importanti della geografia celeste si scrivono per brevità, l'ascensione retta con *AR* (α), che viene dal latino *Ascensio Recta*, e la declinazione col segno *D* (δ). Era indispensabile conoscere tutti questi dettagli, perchè dovremo servircene noi stessi nelle pagine seguenti.

Vi sono altresì delle latitudini e longitudini celesti: e sono coordinate analoghe alle precedenti, ma prese rispetto all'eclittica; mi spiego? La latitudine è la distanza della stella all'eclittica, presa sul circolo massimo (*circ. di latitudine*) che passa pel polo (1) dell'eclittica e perpendicolare a questa; la longitudine è la distanza contata sull'eclittica fra il circolo di latitudine e l'equinozio (Υ) di primavera. Di quest'ultimo sistema di coordinate si fa uso assai raramente.

La conoscenza del metodo delle ascensioni rette e delle declinazioni era per noi importantissima, giacchè senza di essa sarebbero impossibili la geografia del cielo e gli studi che siamo per fare dell'astronomia siderale. Essa non richiedeva del resto che un momento di *attenzione*. Bisogna sempre che noi sappiamo esattamente, chiaramente e senza equivoco, di che cosa si parla. Non non siamo nella condizione intellettuale del soldato che monta la guardia (2).

Per determinare la posizione delle stelle nel cielo, gli astronomi fanno uso di quello che si chiama Circolo meridiano, o Istrumento dei Passaggi. Consta di un cannocchiale che si muove esattamente nel piano del meridiano; si osservano i passaggi delle stelle dietro i fili incrociati disposti nel campo ottico dello strumento. Si nota all'orologio il momento preciso del passaggio, e sul circolo che è portato dall'asse di rotazione dello strumento si legge in

---

(1) In trigonometria sferica, si chiama polo di un circolo massimo quel punto della superficie sferica che è distante di 90° da tutti i punti di quel circolo. IL TRAD.

(2) Una sera di dicembre dell'anno 1871, passando vicino al basamento della colonna Vendôme allora demolita, fui maravigliato di vedere una sentinella, intirizzita dal freddo, far colà una guardia d'onore, come al tempo in cui la statua dell'Imperatore dominava dall'alto del bronzo dei trasformati cannoni. Non v'era più che la cancellata e la base smantellata. Mi avvicinai lentamente e le chiesi, con buona grazia, che cosa custodiva lì. — Passate al largo! — Ma, replicai, non v'è più la colonna. — Passate al largo! — Perchè non dite al vostro sergente che la colonna non v'è più?... La sentinella incrociò la baionetta, e io non ebbi di meglio a fare che volgerle le spalle. Tuttavia, alcuni giorni dopo quel posto inutile fu soppresso.

Un giorno un diplomatico francese passeggiando collo czar nel giardino d'estate a Pietroburggo, avvisò in mezzo ad un tappeto erboso una sentinella immobile, e chiese all'imperatore che cosa facesse lì quell'uomo.

— Non so, risponde lo Czar, e si volge ad un suo aiutante per fargli la stessa domanda, e questi, alla sua volta, va per informazioni e dappertutto riceve la stessa risposta, ciò che non gli apprende nulla: È l'ordine! Si consultano gli archivî, ma senza risultato. Finalmente un vecchio lacchè si ricorda che suo padre, ch'era stato lacchè anche lui, gli aveva altre volte raccontato che il secolo scorso l'imperatrice Caterina aveva un bel mattino scoperto in quel posto un bucaneve, ed aveva proibito di coglierlo. Si era fatto venire un soldato per tener d'occhio il fiore, ed il soldato vi era rimasto.

gradi, minuti, secondi, la distanza della stella dall'equatore o dal polo nord. Si ha per tal modo l'ascensione retta e la declinazione colla massima facilità e precisione.

Questo è, propriamente parlando, lo strumento fondamentale di qualunque

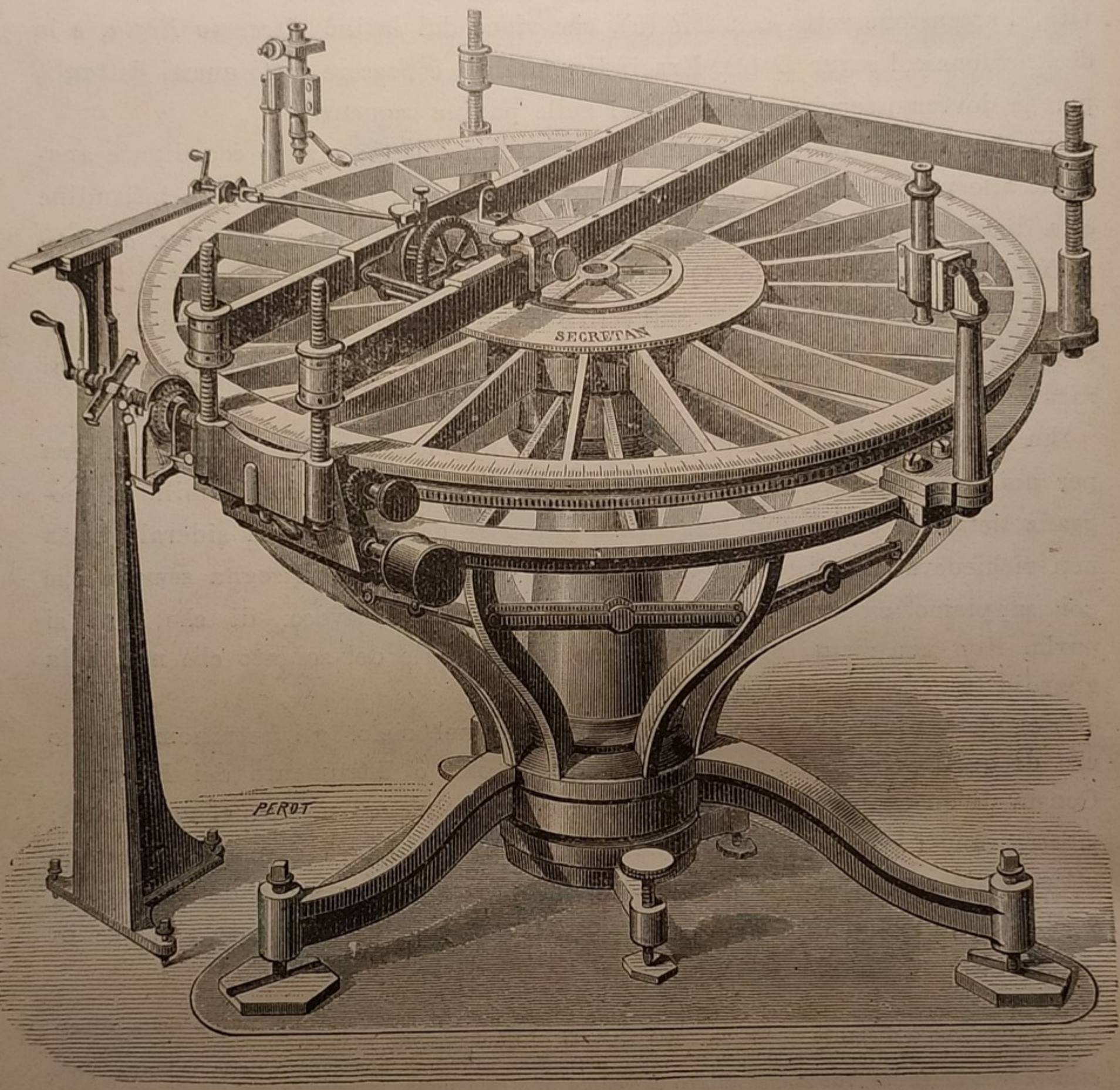


Fig. 325. — Macchina di divisione per gli strumenti astronomici.

Osservatorio. Si può dire che lo scopo essenziale della fondazione dei grandi Osservatorî nazionali, quali sono quelli di Parigi, Londra, Washington, Berlino, Vienna, ecc., non è quella di fare delle scoperte, ma di verificare lentamente e penosamente le posizioni precise delle stelle nel cielo. V'ha gran divario fra questi pazienti e silenziosi lavori e le scoperte che commuovono il mondo e fanno rapidamente glorioso e popolare il nome del loro autore.

Fig. 326. — L'Osservatorio di Parigi. Lato settentrionale.

Fig. 326. — L'Osservatorio di Parigi. Lato settentrionale.

L'astronomo sconosciuto si colloca al suo circolo meridiano (1), coglie al suo passaggio la stella che ne attraversa il campo, nota il momento preciso del suo transito dietro i fili verticali che tagliano il campo; determina l'istante infinitesimale in cui il filo di mezzo ha tagliato esattamente per metà l'astro osservato, il qual filo rappresenta il meridiano; legge sul circolo graduato (di declinazione) i gradi, minuti, secondi, ecc., per mezzo di microscopî che danno facilità di trovare con esattezza (compitando col micrometro le minime parti di secondo) l'altezza dell'astro; corregge le deviazioni che possono risultare, nella mira, dal peso del cannocchiale e della sua lieve flessione; corregge la posizione osservata della elevazione apparente cagionata dalla rifrazione atmosferica la quale inalza tutti gli astri al disopra della loro posizione effettiva; tien conto dell'effetto della temperatura che devia le imagini (giacchè si osserva tanto nelle notti più rigide dell'inverno come nelle calde d'estate); corregge l'istante del passaggio notato all'orologio dell'errore possibile di questo, e di quello che può derivare dalla sua propria personale organizzazione, giacchè ogni occhio non vede, e ogni orecchio non ode all'istante istesso la battuta del secondo che indica il tempo sidereo o l'ascension retta... e dopo una serie di correzioni e di verificazioni, fornisce *una* osservazione della stella destinata ad essere registrata in un catalogo che ne contiene delle migliaja... Dopo trent'anni di simili lavori il modesto osservatore probabilmente, e si può dire generalmente, muore povero e dimenticato, a meno che non sia una sommità eccezionale, come Arago, Le Verrier, Struve, Secchi, Schiaparelli.

Nessun'opera uscita da mano d'uomo è paragonabile per precisione agli strumenti coi quali gli astronomi determinano le posizioni esatte dei corpi celesti. Ci basti notare che lo spessore di un filo di ragnatela è considerato come enorme nella misura micrometrica di una stella; ci basti gettare un'occhiata alla macchina per la divisione dei circoli di questi istrumenti per capire quali minute diligenze si pongano in tutti i loro dettagli (fig. 325).

Il più antico catalogo di stelle che ci sia stato conservato non data che da duemila anni. Contiene 1025 stelle osservate a Rodi da Ipparco verso l'anno 127 av. C. Stando a quanto ne dice Plinio, sarebbe quello il primo catalogo di stelle che l'uomo abbia osato di intraprendere, e siffatto lavoro sarebbe dovuto alla curiosità risvegliata dal fenomeno abbastanza raro (e allora af-

---

(1) Talora un astronomo si appassiona per un simile lavoro e, martire della scienza, vi lascia la vista, la salute e la vita. Al momento che scrivo queste righe (20 ottobre 1879) ricevo dall'altra parte del globo una trentina di volumi di osservazioni astronomiche, e fra essi noto un magnifico *Catalogue of Stars observed at United States, Naval Observatory*, Washington, 1846-1871, contenente le posizioni di 10 658 stelle osservate ciascuna sette od otto volte in media (alcune più di trecento volte). L'autore di questo catalogo, il signor Yarnall, vi ha lavorato per 26 anni, e l'ha condotto a buon fine, stampato e pubblicato, poi è morto subitamente *un'ora* dopo averne ricevuto il primo esemplare!

fatto miracoloso) della comparsa in cielo di una stella nuova. Le stelle di questo stesso catalogo, che ci fu conservato nell'*Almagesto* di Tolomeo, sono state osservate di bel nuovo mille anni dopo, verso il 960 d. C., a Bagdad, dall'astronomo persiano Abd-al-Rahman-al-Sûfi; — poi di nuovo cinque secoli più tardi, verso il 1430, a Samarcanda, dal principe Ulugh Begh, figlioccio del nostro Tamerlano, e che perì vittima della sua bontà, assassinato dal suo proprio figlio, che ne agognava il trono; — poi di nuovo verso il 1590, ad Uraniemburg, da Ticone (Tycho Brahe) che aveva ricevuto dal re di Danimarca il principato dell'isola di Huen, ove aveva stabilito il suo magnifico osservatorio. — Nel 1676, l'astronomo inglese Halley, trovandosi all'isola di Sant'Elena, compose un primo catalogo delle stelle australi invisibili per le latitudini alle quali avevano osservato gli astronomi precedenti. Nel 1712, Flamsteed, primo direttore dell'Osservatorio Nazionale d'Inghilterra, pubblicò il suo catalogo di 2866 stelle osservate a Londra. Nel 1742, Lacaille costruì il suo catalogo di 9766 stelle dell'emisfero australe. Citiamo ancora, fra i migliori lavori di questo genere, il catalogo Bradley (1760) e quello di Piazzi (1800). Il catalogo di Lalande dà il numero, la grandezza e la posizione di 47 390 stelle osservate a Parigi (Osservatorio della scuola militare, distrutto di poi), dal 1789 al 1800. L'immenso atlante di Argelander, pubblicato nel 1863, presenta all'occhio meravigliato 342 000 stelle osservate a Bonn, collocate esattamente nelle loro precise posizioni e disegnate nella loro rispettiva grandezza esatta. Si conoscono oggidì più di un milione di stelle osservate separatamente, catalogate e segnate sopra carte celesti. Per tal modo a poco a poco l'astronomia stellare si è sviluppata, ingrandita, pel numero e la precisione delle osservazioni; essa ci si presenta quindi per l'avvenire come un oggetto di studio incomparabilmente più vasto dell'astronomia planetaria e cometaria.

In questa lunga e diligente serie di osservazioni, si è avvertito che le stelle non sono fisse, nè inalterabili, come sembrano. Alcune, dai tempi d'Ipparco, in poi, scemarono lentamente di splendore e finirono ben anco collo spegnersi affatto. Altre sono a poco a poco cresciute di splendore ed oggi sono assai più brillanti di una volta. Altre ancora hanno cambiato di tinta e sono diventate di un colore più o meno carico. Ve ne sono anche di quelle che apparvero repentinamente, brillarono di una luce smagliante per parecchie settimane o parecchî mesi, e dopo ricaddero nell'oscurità. In un gran numero si riconobbe una variazione di splendore periodica, in causa della quale certe stelle dapprima invisibili ad occhio nudo, appajono, aumentando progressivamente di splendore, poi decrescono gradatamente per sparire, e ricomparire più tardi dopo un certo numero di giorni scorsi fra la precedente estinzione e la successiva ricomparsa; la loro periodicità è talvolta persino così precisa, che

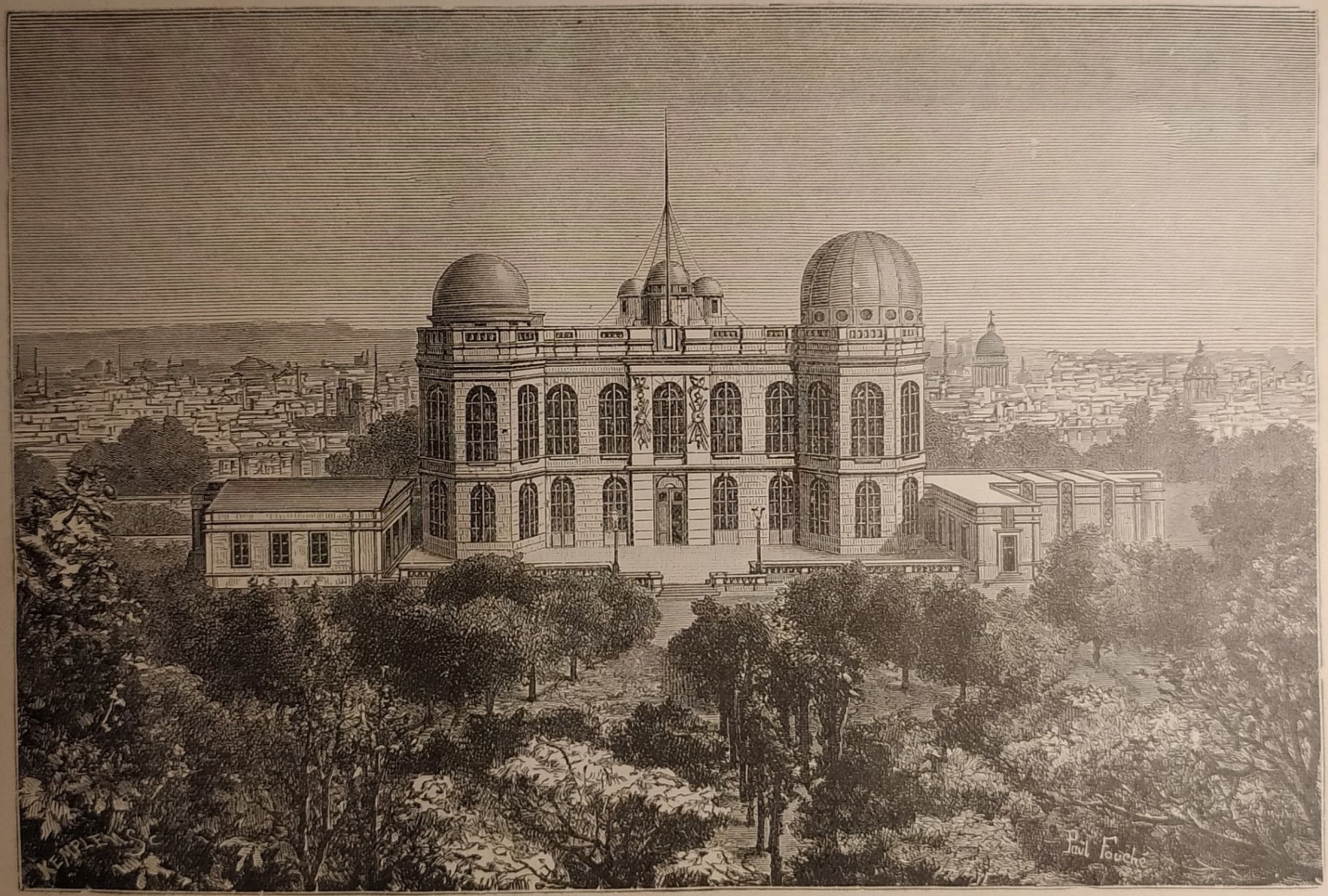


Fig. 327. — L'Osservatorio di Parigi. Lato meridionale.

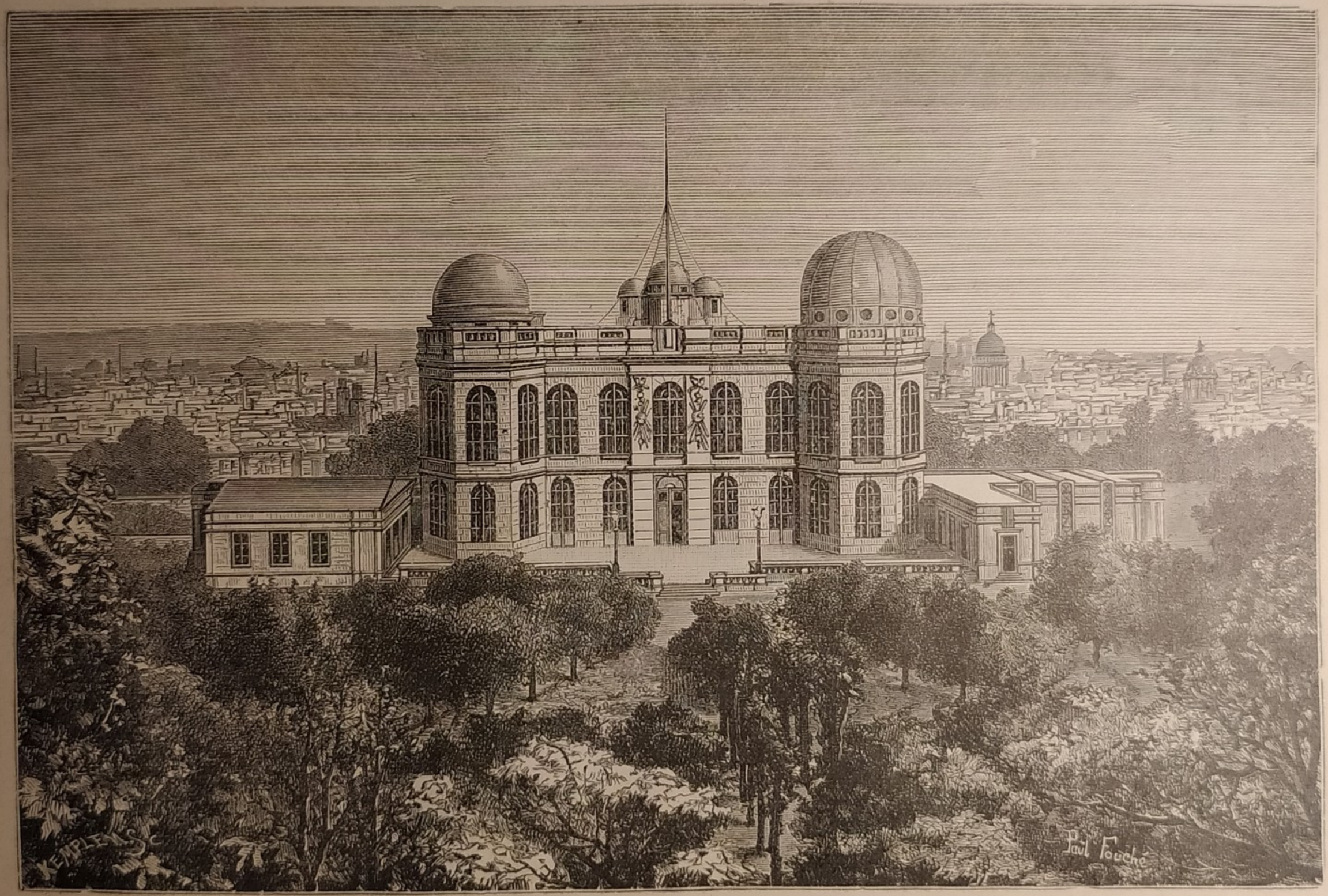


Fig. 327. — L'Osservatorio di Parigi. Lato meridionale.

attualmente la si calcola in precedenza. Si sono pure notate delle stelle, le quali invece di presentare una luce bianca e dorata, come è il caso generale, sono colorate delle tinte le più vivaci, come di smeraldo, di zaffiro, di rubino, di topazio, di granato e delle nostre più belle pietre preziose. Il telescopio ne ha fatto scoprire un gran numero, che, invece di essere semplici come appajono ad occhio nudo, sono doppie, cioè composte di due stelle vicinissime, che nei sistemi *fisici* (non ottici) girano l'una intorno all'altra con rivoluzioni che abbiamo già potuto calcolare, e che abbracciano i periodi i più svariati, cioè da pochi anni a parecchî secoli e più migliaja d'anni; ta-

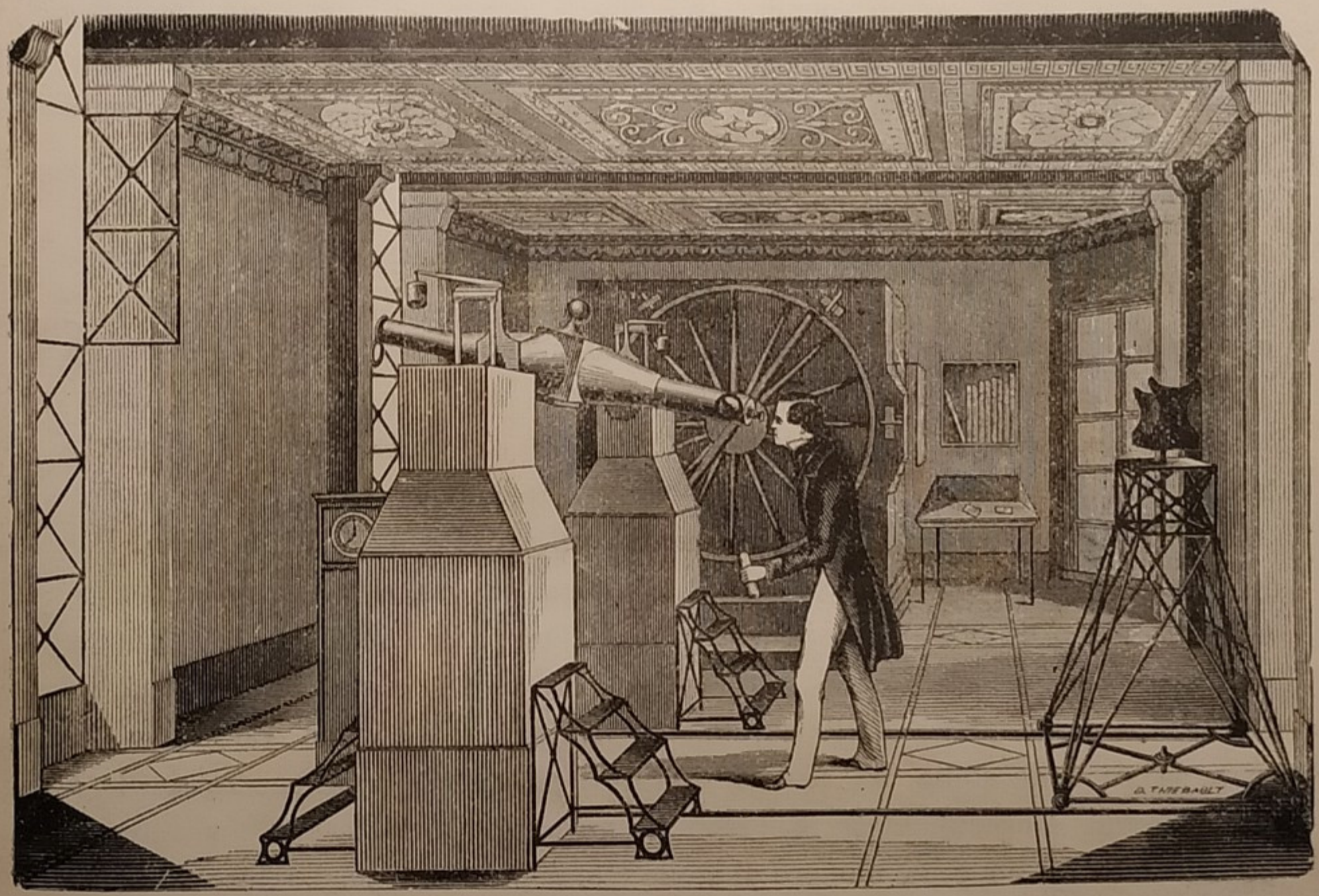


Fig. 328. — Cannocchiale meridiano e circolo murale dell'Osservatorio di Parigi.

lora anche il sistema è triplo: talora una vivida stella si mostra accompagnata da due piccole; e intanto che queste ultime girano l'una intorno all'altra, esse si trasportano insieme girando lentamente intorno alla maggiore. Egli è fra questi sistemi multipli che si incontrano i più mirabili contrasti di colorazione. La scienza è già tanto innanzi a questo riguardo, che ha potuto recentemente formar un catalogo di circa un migliaio di stelle doppie aventi un moto certo, e costruire una carta di più di diecimila stelle doppie scoperte finora.

L'esame minuzioso delle posizioni delle stelle ha fatto conoscere anche dei movimenti rimarchevoli in quei piccoli punti luminosi che sembravano

fissi, attaccati alla vòlta del firmamento, e che noi sappiamo adesso essere dei veri Soli, immensamente lontani gli uni dagli altri. Uno di questi movimenti fa ruotare lentamente il cielo nel suo assieme in un periodo secolare che non richiede meno di 25 735 anni per compiersi: è il moto generale della precessione degli equinozî. Ma questo moto non appartiene alle stelle; appartiene alla Terra, e non è un'apparenza, al pari del moto diurno del cielo e del moto annuo del Sole; tuttavia esso obbliga gli astronomi a ricominciare d'anno in anno le divisioni geometriche delle carte celesti, inquantochè questo ordito si sposta gradatamente dinanzi alle stelle; d'altronde un tal movimento, appartenendo alla Terra, e non agli astri, non modifica punto le loro posizioni relative: il cielo sembra ruotare tutto d'un pezzo intorno ad un asse ideale passante pei poli dell'eclittica. Ma l'attenta misura delle posizioni assolute delle stelle ha resi evidenti altri movimenti, che sono loro proprî. Così, per esempio, la bella stella Arturo, che ognuno può ammirare tutte le sere sul prolungamento della coda dell'Orsa maggiore, si allontana lentamente dal punto fisso nel quale le carte celesti la collocavano orsono duemila anni, e si dirige verso sud-ovest. Le occorrono 800 anni a percorrere nel cielo uno spazio uguale al diametro apparente della Luna; cionondimeno questo spostamento è abbastanza sensibile perchè fermasse, è già più di un secolo e mezzo, l'attenzione degli osservatori, giacchè fino dal 1718 Halley l'aveva notato, al par di quello di Sirio e di Aldebaran. Per lento che sembri, alla distanza cui ci troviamo da dette stelle, questo moto è per lo meno di 600 milioni di leghe all'anno. Sirio impiega 1338 anni a percorrere nel cielo la stessa tratta angolare; avuto riguardo alla sua distanza, percorre almeno 640 milioni di chilometri all'anno. Lo studio dei moti proprî delle stelle ha fatto i maggiori progressi da un mezzo secolo a questa parte, e specialmente in questi ultimi anni. Tutte le stelle visibili ad occhio nudo ed un gran numero di stelle telescopiche hanno lasciato scorgere i proprî spostamenti.

Noi studieremo più innanzi in dettaglio tutti questi fatti rilevati dalla scrupolosa analisi propria della scienza moderna. La determinazione della posizione precisa degli astri costituisce, infatti, il lavoro fondamentale e classico degli Osservatorî ufficiali. Costituisce i *fondamenti dell'Astronomia*. È in virtù di questo improbo e costante lavoro che si sa come la Terra giri e quali variazioni subiscano i suoi movimenti, al pari di quelli di tutti gli altri mondi.

Non sarà terminato *mai*, e sempre da capo, giacchè, come tra poco vedremo, nessuna stella rimane assolutamente fissa in seno all'immensità, e da un secolo all'altro la sua posizione cambia sensibilmente. La conoscenza dei moti proprî delle stelle, le deduzioni relative al trasporto del sistema

solare nello spazio, sono esse stesse interamente dovute alle osservazioni meridiane.

Il Circolo meridiano dell'Osservatorio di Parigi è collocato nella sala meridiana, nell'ala di fabbricato che scorgesi a sinistra nella veduta dell'Osservatorio presa dal lato nord, ossia dal lato del giardino del Lussemburgo (fig. 326), o a destra sulla figura 327.

Il tetto piano di questo fabbricato porta tre aperture corrispondenti alle tre finestre del nord e ad altre tre finestre situate simmetricamente al sud; si direbbe quasi fesso da tre enormi colpi di sega. Là sono collocati tre cannocchiali che possono ruotare dal nord al sud, nel piano del meridiano, pel quale passano tutte le stelle una volta al giorno.

Il primo di questi cannocchiali è il Circolo meridiano rappresentato più sopra. Gli altri due istrumenti sono un antico cannocchiale meridiano e un Circolo murale che si vede sulla figura 328. Questi due strumenti facevano separatamente il lavoro che fa oggidì da sè solo il Circolo meridiano: il primo serviva a prendere l'ora del passaggio, o l'ascensione retta: il secondo dava l'altezza della stella osservata, ossia la sua distanza dall'equatore (declinazione).

Poichè in questo momento noi visitiamo l'Osservatorio, aggiungiamo che al centro stesso del grande edificio trovasi la vasta sala attraversata da nord a sud dal meridiano di Parigi, segnato da una striscia di rame incrostata nel pavimento; quella sala è piena di ricordi e di antichi strumenti: è un vero museo (1).

---

(1) Sul terrazzo superiore, al centro, vedesi un piccolo Osservatorio composto di tre minori cupole (quella di mezzo racchiude un piccolo equatoriale di Gambey), e da ambo i lati due cupole più grandi che coprono ciascuna un potente cannocchiale, uno di cinque metri, l'altro di nove metri. Tutti questi strumenti sono messi in movimento da meccanismi d'orologeria, in verso opposto al moto della Terra. Possono essere diretti verso tutti i punti del cielo, ed una volta puntati sopra una stella e posti in comunicazione col movimento d'orologeria, la stella rimane da quel momento in mezzo al campo del cannocchiale, permettendo all'osservatore di studiarla a suo agio come se la Terra avesse cessato di ruotare; laddove, nei cannocchiali immobili, l'astro osservato attraversa rapidamente il campo, manifestando al primo colpo d'occhio la rapidità del moto di rotazione della Terra, moto amplificato a seconda dell' ingrandimento adoperato. Collocando l'istrumento in modo che corrisponda nel tempo stesso alla declinazione di una stella e all'ora precisa della sua ascensione retta, è inutile guardar prima la stella stessa per sapere se è nel campo del cannocchiale. La cupola potrebbe essere ermeticamente chiusa, oppure delle nubi potrebbero nascondere il cielo; apriamo la cupola ed aspettiamo che il cielo si rischiari: la stella voluta splende nel bel mezzo del campo nel cannocchiale.

Dal terrazzo dell' Osservatorio scendiamo nel giardino: ammireremo la facciata meridionale che porta l'impronta nel secolo di Luigi XIV; è la facciata di un palazzo, mentre quella di tramontana arieggia piuttosto quella di un antico castello feudale. Il giardino è vasto, ma già ingombro oltre il fabbricato del gran Circolo meridiano di cui abbiamo parlato, ed un edificio per le osservazioni magnetiche, è ancora occupato da due edifizî a cupola, ognuno dei quali contiene un equatoriale, da un nuovo Circolo meridiano e dal telescopio colossale di metri 1,20 di diametro e di metri 7,30 di altezza, compiuto nel 1876. È uno dei maggiori telescopî che esistano, ma non dei migliori.

L'Osservatorio fu edificato nel 1667, per l' influenza di Colbert, sotto gli auspicî dell'Accademia, dall'architetto Perrault, l'autore del colonnato del Louvre. La sua altezza è di 27 metri, e le escavazioni sotterranee scendono di altrettanto. Sono quivi le cantine a temperatura costante (11°7), ove dopo il 24 settembre 1671 si osservano i termometri che servono come tipi di graduazione. L' influenza del calor solare non penetra

Tutti gli Osservatorî ufficiali hanno, come quello di Parigi, per scopo principale questa determinazione minuziosa e permanente della precisa posizione delle stelle. La ricerca dei nuovi pianeti o delle comete, lo studio della costituzione fisica del Sole, della Luna e dei pianeti, le investigazioni dell'analisi spettrale, le misure delle stelle doppie, l'osservazione delle stelle variabili, in una parola tutte le innumerevoli ricerche da farsi nel campo inesauribile dell'infinito, sono lavori estranei al programma di fondazione di questi Osservatorî, sono lavori « extra meridiani » e che rendono necessarî dei servigi speciali in questi Osservatorî, o meglio ancora, degli Osservatorî indipendenti.

Così lavorano da centinaja e migliaja d'anni gli astronomi che consacrano la loro vita alla ricerca paziente e faticosa dei segreti della costituzione dell'universo. Siamo debitori a questi lavori di poter conoscere il vero posto che noi occupiamo nella natura, e sembra che studî siffatti dovrebbero rendere questi uomini superiori ai piccoli interessi della vita materiale e alle meschine rivalità personali che si incontrano ad ogni piè sospinto nel mondo ordinario... Questa perfezione desiderabile potrà forse un giorno essere verificata dallo storico della scienza avvenire.

---

nel suolo oltre 25 metri: il massimo della temperatura annuale si verifica in luglio alla superficie del suolo, in agosto a 25 centimetri sotto, in settembre a 50 centimetri, in ottobre a un metro, in novembre a tre metri, in dicembre a 7 metri, e in febbrajo a 15 metri; in seguito la curva è appena sensibile e la temperatura costante è precisamente la media annuale del luogo osservato, accresciuta, secondo la profondità, in ragione di un grado ogni 30 metri. La temperatura media a Parigi è 10°7. Sono disceso in quei memorabili sotterranei il 24 settembre 1871, due secoli giorno per giorno dopo la prima osservazione termometrica fattavi, accompagnato e condotto dal dottor Delaunay che doveva l'anno dopo incontrare una morte così drammatica nei flutti della rada di Cherbourg. Un silenzio sepolcrale regna in quelle profondità, le quali corrispondono agli ossari delle catacombe; dei sentieri tenebrosi conducono alla galleria dei termometri, ove aleggia il ricordo dei dotti che l'hanno percorsa: dei Cassini, dei Réaumur, dei Lavoisier, dei Laplace, degli Arago.... Le tempeste dell'atmosfera e quelle dell'umanità non penetrano guari fino a quelle solitarie profondità.

CAPITOLO IV.

Grandezza delle stelle. — Loro distribuzione nel cielo. Loro numero. — Loro distanze.

Basta dare un'occhiata al cielo per accorgersi che le stelle non rifulgono tutte con eguale intensità di luce. Mentre alcune sono dotate di uno splendore assai vivo, altre sono tanto deboli da discernersi appena; la maggior parte delle stelle visibili ad occhio nudo sono comprese fra questi due limiti estremi, e presentano per dir così tutti i gradi di lucentezza che si possano ideare, degradanti insensibilmente dall'uno all'altro di questi limiti. V'ha inoltre un numero ragguardevole di stelle che non sono visibili se non col sussidio di cannocchiali o telescopî, e che presentano del pari differenti intensità, da quelle che gli osservatori dotati di vista eccezionale possono di

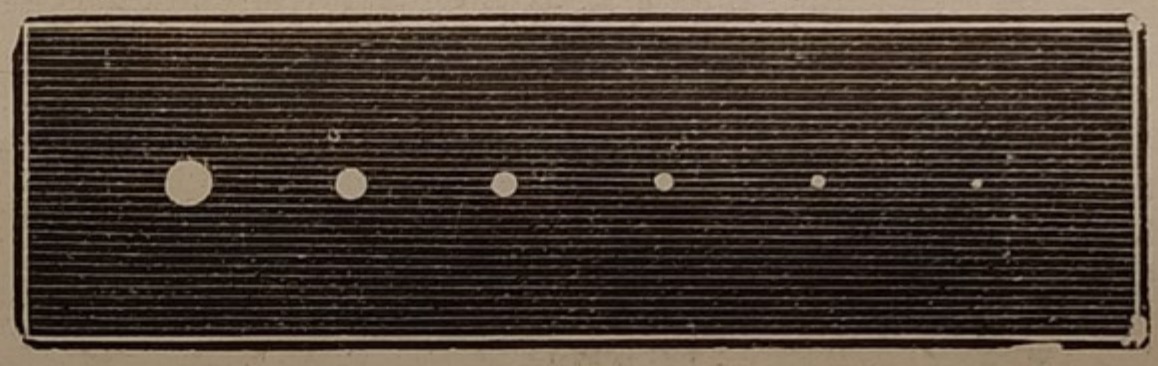


Fig. 329. — Splendori relativi delle stelle *tipi* delle prime sei grandezze.
(Le superficie dei dischi bianchi sono proporzionali alle intensità di splendore.)

stinguere ad occhio nudo, fino a quelle che appajono appena come punti pallidi nel campo oscuro degli strumenti più potenti.

Per facilitare l'indicazione dello splendore relativo si sono classificate tutte le stelle in ordine di grandezza. Questa parola *grandezza* è impropria, attesochè non ha alcuna relazione colle dimensioni degli astri medesimi, le quali ci sono ancora sconosciute; questa parola data da un'epoca in cui si credeva che le stelle più splendenti fossero le più grandi, ed è questa l'origine di cotale denominazione. Essa corrisponde semplicemente allo *splendore apparente* delle stelle. Pertanto, le stelle di prima grandezza sono quelle che brillano nella notte oscura colla massima vivacità; quelle di seconda grandezza brillano un poco meno, ecc. Ora, questo splendore apparente dipende al tempo stesso dalla grandezza effettiva della stella, dalla sua luce intrinseca e dalla

sua distanza dalla Terra: non ha quindi che un significato essenzialmente relativo; benchè si possa dire con certezza che in generale le stelle più brillanti debbono essere le più vicine, mentre quelle di luce pallida o appena

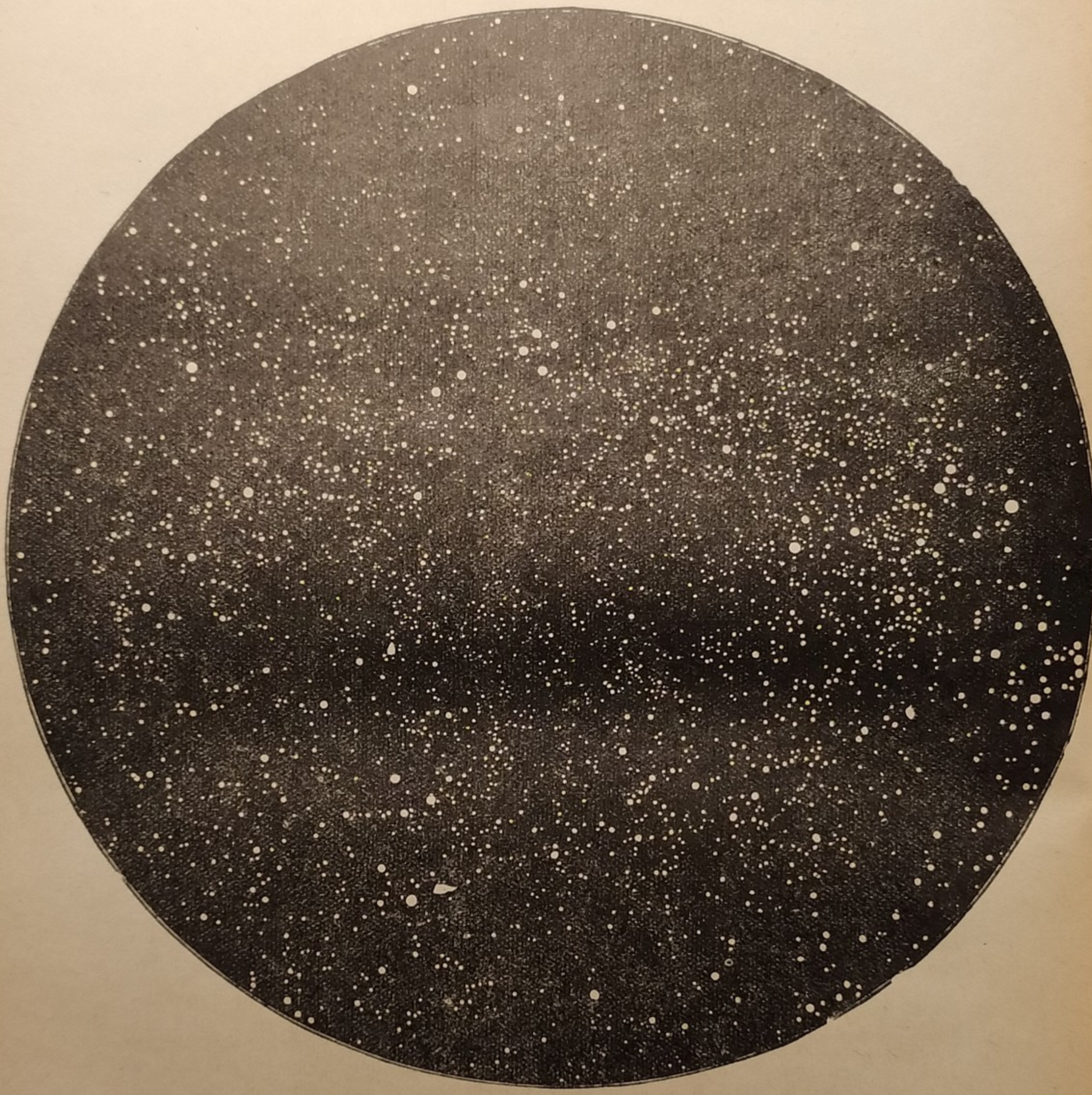


Fig. 330. — Stelle visibili ad occhio nudo per una vista ordinaria. — Emisfero australe.

percettibili nel campo del telescopio sono le più lontane. Rimane dunque convenuto che allorchè parleremo di grandezza delle stelle non si tratterà che del loro splendore apparente.

Le stelle di prima grandezza sono in numero di 18. Veramente la diciottesima, vale a dire la meno brillante della serie, potrebbe anche essere registrata al primo posto delle stelle di seconda grandezza, ovvero la prima

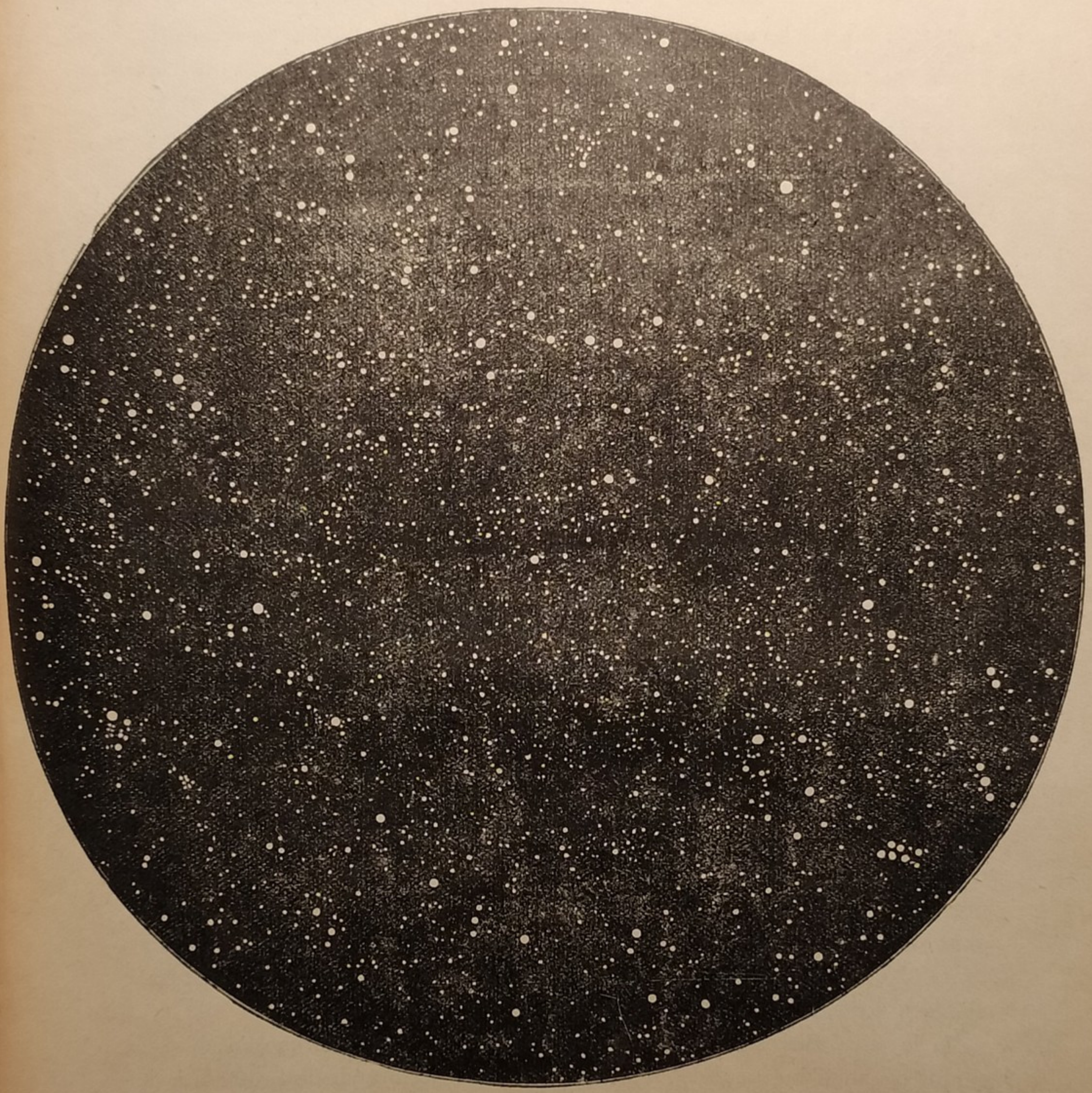


Fig. 331. — Stelle visibili ad occhio nudo per una vista ordinaria. — Emisfero boreale.

di questo seconda serie potrebbe alla stessa guisa essere aggregata alle stelle di prima: non vi sono in natura tali demarcazioni quali sarebbero richieste dalle nostre classificazioni .Ma siccome se si voglion fare delle serie bisogna

pur fissarne il limite in una stella, si è convenuto di adottare per gli astri di prima grandezza la lista seguente:

STELLE DI PRIMA GRANDEZZA, DISPOSTE IN ORDINE DECRESCENTE DI SPLENDORE.

1. *Sirio*, od α del Cane maggiore
2. η della Nave (stella variabile dalla prima alla settima grandezza).
3. *Canopo*, od α della Nave.
4. α Centauro.
5. *Arturo*, od α di Boote.
6. *Rigel*, o β d'Orione.
7. *La Capra*, od α del Cocchiere.
8. *Vega*, od α della Lira.
9. *Procione*, od α del Cane minore.
10. *Betelgeusa*, od α di Orione (leggermente variabile).
11. *Achernar*, od ι del fiume Eridano.
12. *Aldebaran*, od α del Toro.
13. β del Centauro.
14. α della Croce del Sud.
15. *Antares*, od α dello Scorpione.
16. *Altair*, od α dell'Aquila.
17. *La Spica*, od α della Vergine.
18. *Fomalhaut*, od α del Pesce Australe.

Queste sono le diciotto stelle più lucenti di tutto il cielo. Tengono dietro le stelle di seconda grandezza, e successivamente tutte le altre, presentando il quadro seguente:

18	stelle di	1.ª	grandezza
59	»	2.ª	»
182	»	3.ª	»
530	»	4.ª	»
1600	»	5.ª	»
4800	»	6.ª	»

Si è notato che ciascuna classe è circa tre volte meno ricca di quella che la segue, di modo che, moltiplicando per tre il numero di stelle che compongono una serie qualunque, si ottiene press'a poco quello che corrisponde alla serie successiva. Dietro questa stima, il numero delle stelle delle prime sei grandezze, o in altre parole, il numero di tutte le stelle visibili ad occhio nudo, darebbe un totale di circa 7000. Le viste eccellenti ne distinguono 8000, le viste mediocri ne vedono su per giù 5700. — Generalmente si crede di vederne molte di più, si crede di poterle contare a miriadi, a milioni, ma le stelle visibili ad occhio nudo, per una vista comune, sono in realtà così poco numerose che si possono facilmente segnare senza pericolo di confusione in una figura della dimensione di queste pagine, e contarle: *esse sono tutte segnate sul planisfero celeste qui riprodotto* (fig. 330-331): l'emisfero australe ne conta 3307, e l'emisfero boreale 2478; totale: 5785, senza contare naturalmente il semenzajo della Via Lattea.

Ma là dove s'arresta la nostra debole vista, il telescopio, quest'occhio gigantesco che s'ingrandisce di secolo in secolo, perforando le profondità dei cieli, vi scuopre continuamente delle nuove stelle. Un semplice binocolo da teatro fa vedere le stelle di settima grandezza che sono in numero d[1] 13 000. Un cannocchiale terrestre arriva fino a quelle di ottava grandezza che si trovano al di là della sfera della visione naturale. Un piccolo cannocchiale astronomo fa discernere le stelle di nona grandezza, il cui numero supera

le centomila. E così di seguito. Un cannocchiale od un telescopio di forza mezzana mostra le stelle di decima grandezza che sono circa quattrocentomila. Qui lo spettacolo è già immenso, meraviglioso.

Ma la progressione continua. Si può valutare ad un milione il numero delle stelle di 11ª grandezza e a tre milioni quello delle stelle di 12ª grandezza. Giusta gli scandagli fatti per esplorare lo spazio, il numero delle stelle di 13ª grandezza non sale a meno di dieci milioni, e quello delle stelle di 14ª a non meno di trenta milioni. Se noi addizioniamo tutte queste cifre, troviamo il totale delle stelle fino alla 14ª grandezza inclusivamente rappresentato dal numero già difficile a concepirsi *quarantacinque milioni.*

Ma non sono lì tutte le stelle. Anzi i potenti telescopî costruiti in questi ultimi anni hanno varcato anche quest'ultimo confine e fatto penetrare l'occhio umano tanto lungi negli abissi dell'immensità da lasciargli vedere stelle di 15ª grandezza (ed anche di 16ª), di guisa che la statistica stellare si eleva attualmente a *cento milioni!...* Le cifre diventano tanto enormi che si schiacciano sotto il loro peso senza apprenderci nulla.

Cento milioni di stelle! Noi apprezzeremo fra breve le distanze che le separano e l'inconcepibile estensione in cui s'allarga il loro impero.

Cento milioni di Soli analoghi al nostro, e circondati da mondi che si possono contare a miliardi; sono numeri, affè mia, ben prodigiosi, e non farebbe meraviglia se il nostro cervello non avvezzo a ricever l'impressione di cifre tanto alte, non ci capacitasse della loro prodigiosa grandezza. Tuttavia notiamolo di passaggio, una cifra *ben compresa* ne dice più che le più belle frasi.

Ma il cielo si trasforma rapidamente nel campo dell'ottica progressiva. Di già noi non distinguiamo più nè costellazioni, nè divisioni; ma finissima polvere risplende colà dove l'occhio, abbandonato alla sua sola forza, non scorge che una nera oscurità sulla quale spiccano due o tre stelle. Man mano che le maravigliose scoperte dell'ottica accresceranno la potenza visiva, tutte le regioni del cielo si copriranno di quella minuta sabbia d'oro, e verrà un giorno in cui lo sguardo, attonito, inalzandosi verso quelle profondità sconosciute, si vedrà arrestato dalla accumulazione delle stelle che si succedono all'infinito, e non si troverà più dinanzi che un delicato tessuto di luce (1).

Ciascuno di quei punti è un Sole, centro di forza, di attività, di moto e di vita. Ogni ingrandimento telescopico ne getta dei milioni sotto gli occhi dell'astronomo.

Ma questo è ancora soltanto il nostro universo visibile. Là dove s'arresta la potenza telescopica, là dove si fiacca lo slancio delle nostre stanche con-

---

(1) Un'idea di quel che debbasi intendere per questo: «tessuto di luce» la si può avere fin d'ora contemplando, anche ad occhio nudo, la via Lattea, specialmente nella regione più vicina alla stella polare (fra Perseo e Cigno).

cezioni, la Natura immensa e universale continua l'opera sua: il telescopio ci trasporta nell'infinito *e vi ci lascia.*

Lo spazio è senza confini. Qualunque sia il limite che il nostro pensiero gli ponga, tosto la nostra imaginazione corre fino a quel confine, e guardando al di là, trova ancora dello spazio. E quantunque noi non possiamo intendere l'infinito, tuttavia ognuno di noi sente che gli è più facile di concepire lo spazio illimitato che di concepirlo limitato, e che è impossibile che lo spazio non esista *doppertutto.*

Tentiamo ora di scandagliare queste profondità.

Un primo mezzo che ne si presenta è quello di esaminare la proporzione secondo la quale lo splendore delle stelle diminuisce colle loro distanze.

La stima delle distanze colla fotometria riposa su questi principî, di una verità incontestabile: 1.° le stelle non possono trovarsi tutte alla stessa distanza da noi; 2.° le più lontane debbono per ciò stesso parerci più deboli. Questi principî ci condurrebbero ben anco alla apprezzazione diretta e sicura delle loro relative distanze se noi potessimo essere certi che tutte le stelle possiedono una luce intrinseca eguale. Ma questa eguaglianza non è provata e non è probabile.

Il problema deve dunque essere trattato col calcolo delle probabilità.

Data una stella di una grandezza determinata, di quanto si dovrà aumentare la sua distanza perchè il suo splendore diminuisca di un'unità nell'ordine delle grandezze?

Per le stelle più brillanti, l'intensità luminosa è più che doppia quando si passa da un ordine di grandezza a quello che precede immediatamente; ma per le più deboli, il rapporto fra le intensità si avvicina molto al numero 2. Così, lasciando da parte Sirio, di un fulgore eccezionale, si trova che dalla 1ª grandezza alla 2ª grandezza il rapporto è 3,75; dalla 2ª grandezza alla 3ª è 2,25; dalla 3ª alla 4ª è 2,20. Allorchè si arriva alle stelle telescopiche, la proporzione segue a un dipresso la medesima legge quantunque siavi discontinuità nel passaggio dalla 6ª alla 7ª, vale a dire il limite delle stelle visibili ad occhio nudo. Considerando l'insieme, si trova per media generale il rapporto 2,42 (1).

Si può dunque in questa proporzione calcolare la distanza a cui bisogne-

---

(1) Malgrado « l'oscuro chiarore che piove dalle stelle » la loro luce totale non è tanto « oscura » quanto pare. Sopra un'alta montagna e in un aer puro, lasciato alla pupilla il tempo necessario per dilatarsi, si può giungere a leggere dei caratteri grossi. I marinai non amano la luce artificiale; essi preferiscono starsene al solo chiaror delle stelle, che basta per tutte le loro manovre; per leggere la bussola si servono di una fioca luce che rischiara per trasparenza la rosa dei venti. A grandi altezze, in pallone, ho sempre potuto vedere il posto degli oggetti (ma non ho mai però potuto leggere i gradi del barometro senza luce · mi son servito di lucciole). Tutte le nostre sorgenti artificiali di luce, e persino l'abbagliante arco voltaico, s'indeboliscono tosto colla distanza dinanzi alle stelle. Anche alle distanze che ce ne separano si indovina che ciascuna di esse è un vero Sole.

rebbe collocare successivamente una stella di 1ª grandezza, perchè diventasse eguale a quelle di 2ª, di 3ª grandezza, ecc. Ecco il risultato di questo calcolo:

Grandezze	Distanze	Grandezze	Distanze
1	1,00	9	34
2	1,55	10	53
3	2,42	11	83
4	3,76	12	129
5	5,86	13	200
6	9,11	14	312
7	14,17	15	486
8	22,01	16	735

Pertanto, le stelle di 6ª grandezza, le ultime che noi possiamo discernere ad occhio nudo, sarebbero nove volte più lontane di quelle di 1ª grandezza; quelle di 13ª grandezza, 200 volte di più, ecc. Mano mano si discende nella scala delle grandezze, la quantità di luce emessa diminuisce secondo una proporzione geometrica, dacchè le stelle di ciascun ordine sono in generale di circa due quinti più brillanti di quelle dell'ordine immediatamente inferiore. Ammettendo che questa proporzione [rappresenti l'andamento generale, noi troviamo che occorrerebbero circa

$2\,e^{\frac{1}{2}}$	stelle di seconda grandezza per eguagliare lo splendore di una di prima.		
6	stelle di terza	id.	
16	» quarta	id.	
42	» quinta	id.	
109	» sesta	id.	
278	» settima	id.	
712	» ottava	id.	
822	» nona	id.	
4 656	stelle di decima grandezza per eguagliare lo splendore di una prima.		
11 900	stelle di undicesima	id.	
30 420	» dodicesima	id.	
77 750	» tredicesima	id.	
199 000	» quattordicesima	id.	
500 000	» quindicesima	id.	
1 280 000	» sedicesima	id.	

Potrebbe accadere che le determinazioni precedenti non avessero nemmeno il valore medio che loro si attribuisce: che, per esempio, la natura avesse fatto sì che noi fossimo circondati da stelle piccole, e che i Soli i più magnifici fossero lontanissimi dalla nostra posizione nello spazio. Ma questo è un caso che il calcolo delle probabilità dà per assai poco verosimile. Ciò non toglie che possa realizzarsi in parte, in una proporzione più o meno grande. Concludiamo: non accordisi alle precedenti determinazioni tutto il valore che loro hanno attribuito astronomi insigni, quali William Herschel, William Struve, Secchi, e non consideriamole che come una prima *misura* destinata a farci penetrar collo sguardo attraverso la popolazione dei cieli.

Quali sono le distanze effettive delle stelle?

CAPITOLO V.

Misura delle distanze celesti. — Stelle la cui distanza è conosciuta. Rapporto fra il nostro Sole coi suoi pari i più vicini.

Qual mezzo potrà servire al microscopico abitatore del piccolo globo terrestre, per misurare la distanza che lo divide dagli enormi Soli che ardono in grembo alle profondità infinite? Un tal tentativo non supera per avventura i confini del suo potere? Il contrasto fra l'immensità celeste e la piccolezza terrestre non schiaccerà esso l'audace pigmeo che tenta di dare la scalata al cielo? No! La speranza umana è infinita, e la potenza del genio s'inalza com'essa fino alle più sublimi altezze ch'essa contempla nell'eterea splendore. Ove si fermerà lo spirito umano nella conquista dei veri eterni? Quando si troverà soddisfatto del presente e non aprirà più le ali del suo desiderio verso gli orizzonti sempre fuggenti del futuro? Mai non sarà soddisfatto, sempre aspirerà ad un progresso superiore; è questa la sua natura, questo il suo destino, qui sta la sua grandezza e la sua vera felicità.

Per misurare siffatte distanze, non è più la dimensione del globo terrestre che può servir di base al triangolo, come nella misura della distanza dalla Terra alla Luna, e la difficoltà non può neppure essere eliminata, come nel caso del Sole, coll'ajuto di un altro pianeta. Ma, fortunatamente pel nostro criterio intorno alle dimensioni dell'universo, la costruzione del sistema del mondo offre un mezzo di misurazione per queste lontane prospettive, e questo mezzo, nel tempo stesso che dimostra una volta di più il moto di traslazione della Terra intorno al Sole, viene dall'uomo utilizzato per la soluzione del più grande dei problemi astronomici.

Infatti, la Terra, girando intorno al Sole alla distanza di 38 milioni di leghe, descrive in un anno una circonferenza (in realtà è un'ellisse) di 241 milioni di leghe di lunghezza. Il diametro di quest'orbita è dunque di 74 milioni di leghe (296 milioni di chilometri). Poichè la rivoluzione della Terra è di un anno, il nostro pianeta si trova, in qualsivoglia istante, nel punto diametralmente opposto a quello in cui si trovava sei mesi prima, e a quello in cui si troverà sei mesi dopo. In altre parole, la distanza di un punto qualsiasi dell'orbita terrestre da quello a cui passa a sei mesi di intervallo è

di 296 milioni di chilometri. E questa una lunghezza rispettabile, e che può servire di base ad un triangolo avente il vertice in una stella.

Il processo per misurare la distanza di una stella, consiste dunque nell'osservare diligentemente quel piccolo punto brillante a sei mesi di intervalli, o piuttosto durante un anno intero, e nel vedere se quella stella resta fissa oppure se subisce un piccolo spostamento apparente di prospettiva in ragione dello spostamento annuo della Terra intorno al Sole. Se essa resta ferma vuol dire che essa trovasi ad una distanza infinita, all'orizzonte del cielo, per così dire; e che 296 milioni di chilometri sono come zero a petto di quella distanza. Se essa si sposta, si nota che essa descrive nel corso di un anno una piccola ellisse, riflesso della traslazione annua della Terra.

Chiunque ha potuto avvertire, viaggiando per ferrovia, che gli alberi e gli oggetti più vicini corrono in verso opposto di noi e tanto più celeremente quanto più son vicini, laddove gli oggetti lontani situati all'orizzonte restano fermi. E assolutamente lo stesso effetto che si produce nello spazio, in conseguenza del nostro moto annuo intorno al Sole. Solamente, benchè noi viaggiamo con una velocità incomparabilmente più grande di quella di un treno *express* (1100 volte maggiore), e che percorriamo 650 mila leghe al giorno, le stelle sono tutte così lontane, che a mala pena sembrano muoversi per effetto del nostro spostamento. I nostri 74 milioni di leghe sono quasi un nulla anche per le più prossime. Che disgrazia di non abitare Giove, Saturno, Urano, e soprattutto Nettuno! Colle loro orbite, cinque, nove, diciannove e trenta volte più ampie della nostra, gli abitanti di questi pianeti hanno dovuto determinare la distanza di un numero ben maggiore di stelle che non l'abbiamo ancora potuto far noi.

Questo modo di misurare le distanze delle stelle dall'effetto di prospettiva dovuto allo spostamento annuale della Terra, era già stato indovinato dagli astronomi del secolo scorso, e particolarmente da Bradley, il quale, mentre tentava di misurare la distanza delle stelle mediante osservazioni combinate a sei mesi di intervallo, trovò... un'altra cosa. Invece di scoprire la distanza delle stelle, alle quali aveva dedicato le proprie osservazioni, scoprì un fenomeno di ottica importantissimo: l'*aberrazione della luce;* effetto prodotto dalla composizione della velocità della luce, col moto della Terra nello spazio. — Accadde il medesimo a William Herschel, che cercando la parallasse delle stelle dietro il confronto di stelle brillanti colle più vicine, trovò i sistemi delle stelle doppie.

E lo stesso avvenne a Fraunhofer, il quale, nel cercare i limiti dei colori dello spettro solare, trovò le righe di assorbimento, il cui studio fu il fondamento dell'analisi spettrale. La storia delle scienze ci mostra che spessissime volte le scoperte sono state fatte in conseguenza di ricerche che non le ris-

guardavano che indirettamente. Pretendendo di raggiungere per l'ovest le spiagge orientali dell'Asia, Cristoforo Colombo scoperse il Nuovo Mondo. Non lo avrebbe scoperto e non lo avrebbe guari cercato se avesse conosciuto la vera distanza che separa il Portogallo dal Kamciatka (1).

Non si conosce la distanza di qualche stella che dal 1840. Da ciò veggasi quanto sia recente questa scoperta: e, in verità, si comincia appena adesso a formarsi un'idea approssimata delle distanze effettive che separano le stelle fra loro. La parallasse della 61ª Cigno, la prima che sia stata conosciuta, venne determinata da Bessel, e risulta da osservazioni fatte a Kœnigsberg dal 1837 al 1840. In seguito la stessa cifra ottenuta fu corretta in base ad osservazioni più recenti.

Sarà agevole rendersi conto del rapporto che passa fra la distanza di una stella e la sua parallasse, esaminando la qui vicina figura 332. L'angolo sotto cui (2) da un astro si vede il diametro dell' orbita terrestre, è tanto meno aperto quanto più quell'astro è lontano, e il moto apparente di questo che riflette in prospettiva il moto reale della Terra diminuisce nelle stesse proporzioni. Così, la prima stella di questa piccola figura mostra qui un moto annuo effettuantesi in un' ampiezza angolare di 20 gradi, la seconda dà un angolo di 12 e la terza un angolo di 7 gradi. Il rapporto geometrico che abbiamo imparato a conoscere fin dai primi capitoli di questo libro (pag. 149), fornisce immediatamente la distanza. Sulla figura qui sopra le proporzioni sono molto esagerate, poichè una parallasse di 1" corrisponde a 57 volte la larghezza della base. Ora, il metodo angolare della stella più vicina non arriva a

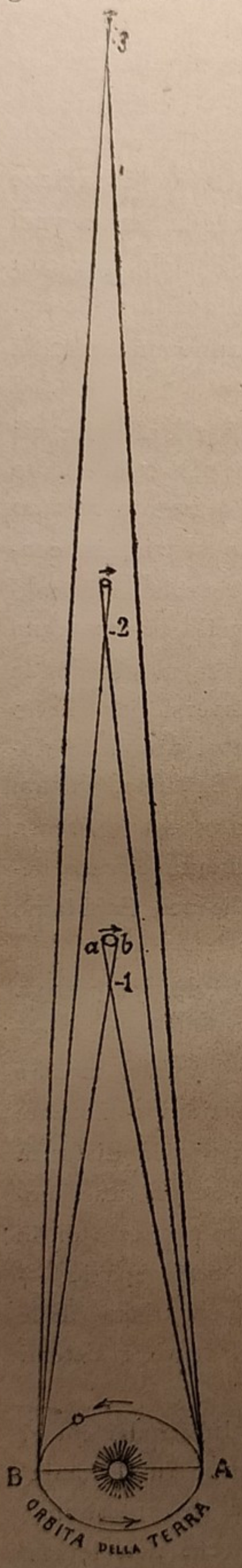


Fig. 332.

(1) Tuttavia nelle scienze positive, le speranze dei cercatori si trovano in definitiva più o meno giustificate nei risultati ottenuti. Non avviene sempre lo stesso per le altre umane preoccupazioni. — È nota la storia di quel confessore che seduto al capezzale del moribondo Dorat, faceva lodevoli e inauditi sforzi per persuaderlo della eccellenza della vita futura e gli ripeteva su tutti i toni « ch' ei vedrebbe Iddio *faccia a faccia* per tutta l'eternità. » — E il poeta fiocamente gli replicò: — E credete che non lo vedrò proprio mai *di profilo*?...

(2) Chiunque può aver notato, guardando la facciata di un palazzo, che se le è vicino di qualche decina di metri, gli è mestieri volgere la testa a destra e a mancina per vedere i due angoli, mentre se se ne allontana di 100 o più metri la vede tutta nella sua larghezza senza muovere la testa. Nel primo caso le visuali fanno tra loro un angolo molto maggiore che non nel secondo caso; le due parallassi sono dunque in ragione inversa delle distanze, ma in ragione diretta dell'angolo delle visuali.

IL TRAD

Fig. 333. — « Abiuro, maledico e detesto l'eresia del moto della Terra ».

2 secondi; nella scala adottata nella figura 332, la stella più vicina dovrebbe essere portata alla distanza almeno di centomila volte la distanza del nostro triangolo, che è di 2 centimetri, vale a dire a due chilometri! Sarebbe di certo ben ardua cosa di collocare siffatta figura in un libro qualsivoglia.

Continuiamo qui il piccolo quadro della pagina 149, dal punto di vista delle parallassi più deboli:

Un angolo di 10″ corrisponde a una distanza di		20 626	Un angolo di 0″ 6 corrisponde a una distanza di		343 750
»	5″	41 253	»	0″ 5	412 530
»	2″	103 132	»	0″ 4	515 660
»	1″	206 265	»	0″ 3	687 500
»	0″ 9	229 183	»	0″ 2	1 031 320
»	0″ 8	257 830	»	0″ 1	2 062 650
»	0″ 7	294 664	»	0″ 0	incommensurabile

La parallasse di una stella si esprime ordinariamente coll'*angolo sotto cui si vede, da quella stella, il raggio o semi-diametro dell'orbita terrestre.* Per conseguenza, una stella che avesse 1″ di parallasse sarebbe lontana 206 265 volte il raggio dell'orbita terrestre, cioè tante volte 148 milioni di chilometri; una parallasse di 9 decimi di *secondo* indica una distanza di 229 183 volte la predetta unità e così di seguito. Abbiamo avuto tutte le ragioni, parlando del Sole, di insistere specialmente sulla distanza, poichè essa è il *metro* col quale dobbiamo misurare tutto nell'universo.

In tutta l'astronomia siderale non v'ha forse nulla di più difficile della determinazione della parallasse di una stella. Si pensi che fra tutte le stelle del cielo, non una offre una parallasse di un secondo, vale a dire un movimento annuo di due secondi. Ora, due secondi valgono quanto un millimetro veduto alla distanza di 103 metri; è un capello di $\frac{1}{17}$ di millimetro di grossezza veduto a dieci metri. Ebbene: è in questa larghezza che si effettua il moto annuo della stella. Il cannocchiale lo ingrandisce, naturalmente, senza di che sarebbe assolutamente impercettibile; ma quanto facilmente può essere mascherato dagli altri movimenti del cannocchiale o della stella medesima, per le influenze della rifrazione, della processione, della nutazione, dell'aberrazione e dal moto proprio della stella nello spazio! Tutte queste influenze riunite salgono a parecchî secondi e sono esse medesime soggette a talune incertezze, e bisogna aggiungere loro ancora gli errori istrumentali. Come sceverarne le indicazioni sicure dal minuscolo spostamento prospettico, dovuto all'effetto del moto della Terra? Vi si è tuttavia arrivati per *qualche* stella.

Allorchè la parallasse è ottenuta, nulla è più semplice che tradurla in distanza, dietro il piccolo quadro precedente. Se questa parallasse è di 1″, si sa che la distanza è 206 265 volte 148 milioni di chilometri. Se di 0″ 9, la distanza vale 229 183 volte la stessa unità, e così via dicendo. È questo un

risultato matematico e incontestabile, per quanto possa sembrare meraviglioso e per quanto ripugni a certe intelligenze di accettarlo: non v'ha qui miracolo nè mistero di sorta. Ecco i risultati ottenuti:

TAVOLA DELLE STELLE DI CUI SI CONOSCE LA DISTANZA

Nomi	Grandezza	Parallasse	Distanza in raggi della orb. terrest.	Distanza in leghe	Durata del tragitto della luce	Autori delle parallassi
α Centauro	1	0″928	222 000	8 trilioni	anni 3 $\frac{1}{2}$	Henderson, 1832. Maclear, 1842-48.
61ª Cigno	5 $\frac{1}{2}$	0, 511	404 000	15 «	6 $\frac{2}{10}$	W. Struve, 1852. Auwers, 1862.
21 185 Lalande (cat.)	7 $\frac{1}{2}$	0, 501	412 000	15 «	6 $\frac{4}{10}$	Winnecke, 1857-68.
β Centauro	1	0, 496	416 000	15 «	6 $\frac{1}{2}$	Maclear, 1837.
μ Cassiopea	5 $\frac{1}{2}$	0, 342	603 000	22 «	9 $\frac{1}{2}$	O. Struve, 1858.
34 Groombridge	8	0, 307	672 000	25 «	10 $\frac{1}{2}$	Peters, 1863-66.
21 258 Lalande (cat.)	8 $\frac{1}{2}$	0, 271	761 000	28 «	12	Auwers, 1862.
17 415 Œltzen	8	0, 247	835 000	31 «	13	Krüger, 1862.
σ Dragone	5	0, 222	928 000	34 «	14 $\frac{4}{10}$	Brunnow, 1870.
Castore	2	0, 210	982 000	35 «	15 $\frac{7}{10}$	Johnson, 1855.
Sirio	1	0, 193	1 069 000	39 «	16 $\frac{7}{10}$	Maclear, 1837. Gylden, 1870.
Vega	1	0, 180	1 146 000	42 «	18	Brunnow, 1870.
70 Ofiuco	5	0, 168	1 221 000	45 «	19	Krüger, 1858-62.
η Cassiopea	4	0, 154	1 334 000	50 «	20 $\frac{8}{10}$	O. Struve, 1858.
Orsa maggiore	4	0, 123	1 551 000	59 «	24 $\frac{1}{4}$	Peters, 1842.
Arturo	1	0, 127	1 624 000	60 «	25 $\frac{4}{10}$	Peters, 1842.
Procione	1	0, 123	1 677 000	62 «	26 $\frac{1}{2}$	Auwers, 1862.
χ Dragone	3	0, 092	2 242 000	83 «	35	Brunnow, 1873.
1830 Groombrige	7	0, 090	2 291 000	85 «	35 $\frac{8}{10}$	Wichmann, 1851. Brunnow, 1871.
Stella Polare	2	0, 076	2 714 000	100 «	42 $\frac{1}{2}$	Peters, 1842.
3077 Bradley	6	0, 070	2 946 000	109 «	46	Brunnow, 1873.
85 Pegaso	6	0, 054	3 805 000	129 «	64 $\frac{1}{2}$	Brunnow, 1873.
Capella	1	0. 046	4 484 000	170 «	71 $\frac{6}{10}$	Peters, 1842.

Come si vede, nessuna stella offre una parallasse di un secondo intero. La immensa maggioranza delle stelle dà per risultato zero.

I numeri che esprimono le distanze stellati in chilometri sono talmente grandi che non indicano più nulla alla nostra mente.

E forse alquanto meno difficile di concepire l'immensa distesa di questi abissi intersiderali tentando di seguire un raggio di luce che, rapido come il lampo, si slancia attraverso l'immensità colla velocità di 300 000 chilometri al minuto secondo, e varca in 8^m 13^s i 148 milioni di chilometri che ci separano dal Sole. Si calcola facilmente che, per una distanza corrispondente ad una parallasse di 1″, la durata del viaggio di un raggio luminoso è di 3 anni e 74 giorni, o in decimali di 3^a, 202, il che dà 6^a, 404 per una parallasse di $\frac{1}{2}$ secondo; 12^a, 808 per una parallasse di $\frac{1}{4}$ di secondo, ecc. E con questa proporzione che fu calcolata la sesta colonna della tabella precedente.

Questo prospetto presenta i dati più sicuri che si abbiano finora ottenuti sulle distanze stellari. Siccome un gran numero di tentativi sono stati fatti sulle stelle, che per il loro splendore e la grandezza del loro moto proprio, sembrano dover essere le più vicine a noi, si può credere che la stella, che ora si considera come la più prossima, sia realmente in questo caso e che non ve n'ha altra che sia meno lontana. Dunque il nostro Sole, che nel-

Fig. 334. — I due Soli più vicini al nostro.

l'immensità è una stella, è isolato nell'infinito, e il Sole *il più vicino* splende ad otto trilioni di lontananza, ovvero a trentaduemila miliardi di chilometri dal nostro soggiorno terrestre. Nonostante la sua velocità inconcepibile di 300 000 chilometri al secondo, la luce cammina, corre, vola durante tre anni e sei mesi per giungere a noi da quel Sole. — Il suono impiegherebbe tre milioni di anni per varcare questo abisso. — Colla velocità costante di 60 chilometri all'ora, *un convoglio celerissimo partito dal Sole Alfa del Centauro*,

non giungerebbe qui che dopo una corsa non interrotta di circa sessanta milioni di anni.

Noi lo abbiamo già detto: un ponte gettato da qui al Sole dovrebbe essere composto di 16 600 arcate della larghezza della Terra, e per raggiungere il Sole più vicino bisognerebbe mettergli di seguito altri 222 mila ponti simili.

Eccola, la stella nostra *vicina*. La seconda, la più prossima dopo di essa, è di quasi il doppio più lontana, e si trova in tutt'altra regione dello spazio, nella costellazione del Cigno, sempre visibile nel nostro emisfero boreale. Se vogliamo renderci conto della situazione relativa del nostro Sole e dei due più prossimi, prendiamo un globo celeste e facciamo passar un spazio pel centro di questo globo, per α Centauro e per la 61ª Cigno, avremo così sott'occhio il rapporto che esiste fra la nostra posizione nell'infinito, e quella di questi due Soli. La distanza angolare che li separa sulla sfera celeste è di 125°. Tracciamo questo disegno (fig. 334), e scopriremo certe particolarità abbastanza curiose: anzitutto queste due stelle più vicine trovansi nel piano della Via Lattea, di guisa che noi possiamo del pari rappresentare la Via Lattea nel nostro disegno; in secondo luogo questo fiume celeste è scisso in due rami, precisamente al luogo occupato da queste stelle più vicine al Sole, rimanendo la separazione lungo tutto l'intervallo che le separa. Questo disegno ci mostra altresì che, volendo tracciare la curva della Via Lattea in rapporto colla distanza delle nostre due stelle, essa sarà più vicina a noi nella costellazione del Centauro che in quella del Cigno; e infatti, è probabile che le stelle di questa regione del cielo sieno più vicine di quelle della plaga opposta (1).

Un altro fatto più sicuro ancora è che i due Soli più vicini sono doppî.

Pertanto il nostro Sole e i Soli vicini sono isolati gli uni dagli altri; ciascuno è sovrano indipendente nella sua provincia, e se si sentono attraverso l'infinito e subiscono l'influenza della loro reciproca attrazione non è che nei

---

(1) Il piano del sistema solare e la direzione del moto del Sole nello spazio non corrispondono nè l'uno nè l'altra col piano che abbiamo testè tracciato. Nè l'una nè l'altra di queste stelle si potrebbero considerare come giranti intorno al Sole alla guisa dei pianeti e delle comete. Se la più prossima, Alfa del Centauro, non avesse massa sensibile e gravitasse intorno al nostro astro centrale, la durata della sua rivoluzione sarebbe di 101 milioni d'anni, e quella della 61ª Cigno, ammettendo in cifra tonda, una distanza di 400 mila raggi vettori terrestri, sarebbe di 254 milioni d'anni. Ora, queste due stelle mostransi animate da moti propri assai celeri; questi moti possono compiersi in direzione perpendicolare al nostro raggio visuale, e in questo caso noi li vedremmo di fronte, vale a dire in tutto il loro valore, laddove se si effettuano in direzione obliqua (sia che la stella si allontani da noi o si avvicini), lo spostamento che noi misuriamo sulla vôlta celeste non rappresenta che la projezione del movimento effettivo totale, vale a dire una parte più o meno grande, a norma dell'obliquità. Ma, supponendo che questi movimenti si presentino di faccia e che queste due stelle possano girare intorno a noi, quello di α Centauro è di 3'' 64 all'anno, o di 1 grado in 989 anni, ciò che dà 356 000 anni per la rivoluzione totale: è questo un periodo più breve di quello che potrebbe produrre l'azione riunita delle due masse del nostro Sole e di quello che si considera. L'esame del moto proprio osservato nella 61ª Cigno ci conduce ad un risultato analogo. il suo moto estremamente rapido di 5'',10 all'anno fa percorrere alla stella 1 grado in 706 anni, e le farebbe descrivere il giro intero del cielo in 254 000, vale a dire in un periodo mille volte più rapido di quello che potrebbe essere dovuto alla sola gravitazione solare.

limiti di una sovranità poco effettiva. I moti che li animano sono di un ordine superiore alla loro attrazione rispettiva.

Ecco dunque i Soli più vicini a noi. Queste stelle in numero di ventidue, son le sole che abbiano presentato una parallasse sensibile, e tuttavia il risultato è per le sei ultime dubbio assai, giacchè la loro parallasse è inferiore a un decimo di secondo. Si è tentato di determinare quella di tutte le stelle di prima grandezza, e il risultato è stato negativo per quelle che non sono iscritte nella lista precedente. Canopo, Rigel, Procione, Betelgeusa, Achernar, Aldebaran, Alfa della Croce, Antares, Altair, la Spica, Fomalhaut, non offrono parallasse sensibile. La bella stella Alfa del Cigno che brilla vicinissimo alla 61ª, non ha offerto alle ricerche le più minute alcuna traccia di oscillazione: essa è adunque incomparabilmente più lontana della sua modesta vicina quindici volte almeno, e forse venti, cinquanta, cento volte al di là! Quale non dev'essere la colossale grossezza e la prodigiosa luce di questi Soli la cui distanza supera 150 e 200 trilioni di leghe e che tuttavia brillano ai nostri occhî di così splendida luce!

Copernico aveva supposto che la sfera delle stelle fisse fosse ad una immensa distanza di là di Saturno « atteso che il moto annuo della Terra intorno al Sole non fa apparire alcuna parallasse ». Ticone, non potendo o non osando concepire una siffatta lontananza, si servì all'opposto di questa assenza di parallasse per concluderne l'assenza del moto della Terra. « Copernico - dice egli - suppone una distanza incredibile ed assurda. Ci vuole una proporzione in tutto; *il Creatore vuole l'ordine* e non la confusione. Un tale spazio sarebbe vuoto di stelle e di pianeti e servirebbe a nulla (1). Col locando l'orbita di Saturno alla distanza di 12 000 semidiametri terrestri, la nuova stella del 1572 doveva essere a 13 300 e la distanza di tutte le stelle deve essere di 14 000. Si può in questo caso misurarle tutte. Quelle di 1ª grandezza sembrano aver un diametro di 2′, il che equivale a 68 volte il volume della Terra; quelle di 2ª hanno 1′ $\frac{1}{1}$ o 28 volte lo stesso volume; quelle di 3ª hanno 1′ e $\frac{1}{12}$ o 11 volte il nostro globo; quelle di 4ª hanno 47″ cioè sono grosse 4 volte e $\frac{1}{2}$ quanto la Terra; quelle di 5ª hanno 3″ od 1 e $\frac{1}{18}$ della Terra, e quelle di 6ª, 20″ di guisa che esse sono in volume $\frac{1}{3}$ della Terra. »

Di quanto le scoperte telescopiche e gli studî mirometrici dell'astronomia siderale hanno da tre secoli in qua, dall'epoca del grande osservatore danese, trasformato il concetto dell'Universo!

---

(1) Quante sciocchezze fa dire anche ad uomini grandi la stolta presunzione di saper interpretare la saggezza di Dio! Ticone vuol avvicinare le stelle a noi sotto il pretesto che lo spazio intermedio vuoto non servirebbe a niente; ma pensava poi a che cosa potrebbe servire lo spazio molto maggiore, vuoto esso pure, che lasciava al di là delle stelle? Noi che crediamo di intender meglio la parola *infinito* applicata a Dio, al tempo, allo spazio e alla materia, crediamo avvicinarci meglio alla vera idea di Dio, ammettendo che tutto lo spazio *infinito* sia popolato di astri, cioè di soli, pianeti, comete ecc. IL TRAD.

Se le Stelle vicine splendono a diecine e a centinaja di trilioni di leghe da, noi, la maggior parte delle stelle visibili in cielo nei campi telescopici, trovansi a quadrilioni, a quintilioni, a milioni di miliardi di leghe di distanza.

Che Soli! quali splendori! La loro luce ci arriva da così fatte distanze!

E questi sono i lontani Soli che l'orgoglio umano pretendeva di far gravitare intorno al nostro atomo! e l'antica teologia dichiarava create pei nostri occhî queste luci invisibili senza il telescopio! e perchè il filosofo Giordano Bruno sospettava che quei lontani Soli fossero centri d'altri universi, l'Inquisizione lo fece arder vivo a Roma dinanzi al popolo atterrito! e perchè Galileo persisteva nel sostenere che il nostro pianeta è soggetto al Sole e che quest'astro non è esso medesimo che una stella perduta nell' infinito, quella stessa Inquisizione gli ordinò sotto pena di morte di inginocchiarsi dinanzi agli Evangelî (Chiesa della Minerva a Roma, 22 giugno 1633), e di abjurare la verità palese alla sua propria coscienza!... È egli colpevole il povero settuagenario, d'aver così rinnegata la sua fede? No. Tutte le formule che i padroni d'allora lo costrinsero a pronunciare non impedivano alla Terra di girare, e se questo non fosse nella storia del progresso un dramma spaventevole, sarebbe una vera commedia. Il Papa Urbano VIII e tutti i cardinali hanno bel fare:

« La Terre nuit et jour à sa marche fidèle
Emporte Galilèe et son juge avec elle (1). »

Nessuna contemplazione affranca il pensiero, solleva lo spirito, apre i vanni dell'anima al par di quella delle immensità siderali, illuminate dai Soli dell'infinito.

Noi cominciamo già a sapere che v'ha nel mondo stellare una varietà non meno grande di quella che abbiamo trovato nel mondo planetario. A quella guisa che nel nostro proprio sistema le distanze reciproche dei globi già esaminati al telescopio variano dai 10 chilometri (satelliti di Marte) fino a 142 000 (Giove), vale a dire nella proporzione da 1 a 14 000, così nel sistema siderale i Soli presentano le più enormi differenze di volume e di splendore. La 61ª del Cigno, la stella 21 185 del catalogo di Lalande, μ Cassiopea, la 34ª del catalogo di Groombridge sono incomparabilmente più piccole o meno luminose di Sirio, di Vega, di Arturo, della Capella, di Canopo, di Rigel, e degli altri splendori del firmamento. Questo fatto ci prova che non bisogna prendere alla lettera gli strati di grandezze successive ammessi da Herschel e Struve nell'ipotesi di una parità di splendore fra le stelle, ma che tutte le varietà di dimensioni, di masse, di potere luminoso, di calore, di forza, esistono simultaneamente nell'estensione infinita.

---

(1) La Terra di e notte fedele al proprio cammino, seco trasporta Galileo e il suo giudice insieme.

Adottando e sviluppando le vedute di W. Herschel sulle distanze delle stelle, ammettendo con lui che le stelle delle ultime grandezze sono voluminose quanto le più splendenti, e che la loro apparente piccolezza deriva sopratutto dalla loro distanza da noi, William Struve stimava che « la distanza delle ultime stelle visibili ad occhio nudo è 9 volte maggiore di quella delle stelle di prima grandezza, che le ultime stelle delle zone di Bessel (9, 5) sono 38 volte più distanti ancora, e che le più piccole osservate da Herschel sono 228 volte ancor più lontane ». Egli calcolò altresì una serie di parallassi decrescenti colle grandezze, di cui diamo qui sotto i dati principali.

Grandezza	Parallasse	Distanza	Grandezza	Parallasse	Distanza
1ª,0	0'',209	986 000	6ª,0	0'',027	7 616 000
2,0	0, 116	1 778 000	7,5	0, 014	14 230 000
3,0	0, 076	2 725 000	8,5	0, 008	24 490 000
4,0	0, 054	3 850 000	9,5	0, 006	37 200 000
5,0	0, 037	5 378 000			

Questa teoria regna ancora oggigiorno nei trattati d'astronomia. Abbiamo già notato ch'essa è lungi dall'essere fondata, e noi possiamo fin d'ora riassumere i fatti che abbiamo studiato, nella serie d'argomenti che seguono.

I. Le distanze finora determinate mostrano che le stelle più vicine appartengono a tutti gli ordini di grandezze. Ad eccezione della stella α del Centauro, le parallassi ottenute fino a questi giorni danno come stelle più vicine la 61ª Cigno, di $5^a\ \frac{1}{2}$ gr., e la 21 185 Lalande di $7^a\ \frac{1}{2}$ β Centauro sembra venir di seguito, ma μ Cassiopea, di 5ª; la 34 Groombridge, di 8ª; la 21 258 Lalande, di $8^a\ \frac{1}{2}$, ecc., vengono prima di Sirio e di Vega. In conclusione, sopra 22 stelle misurate insino ad ora, 13 sono fra la 4ª e l'8ª gr. ed 8 soltanto appartengono ai primi tre ordini. All'opposto, parecchie stelle brillanti di 1ª, 2ª e 3ª grandezza non offrono parallasse sensibile.

II. A partire dalla 7ª gr., il numero delle stelle aumenta in proporzione molto più rapida che per le grandezze precedenti. Questo fatto può spiegarsi ammettendo che vi sia un gran numero di piccole stelle nelle zone vicine dello spazio, ove in generale non si suppone che vi siano se non stelle brillanti.

III. Sulla carta dei moti proprî che ho costruito recentemente (*vedi* più innanzi), non si può non avvertire dei gruppi di stelle nei quali le più piccole sono incomparabilmente più vicine a noi che non le più grandi. Tale è fra le altre la stella μ di Cassiopea, di $5^a\ \frac{1}{2}$ gr. che si antepone alla stella di $4^a\ \frac{1}{2}$; mentre questa rimane quasi immobile in fondo al cielo, la prima cammina verso est con una velocità enorme. Altrove, mentre la ψ dell'Orsa maggiore di 3ª gr., resta press'a poco fissa, vicinissimo ad essa, la stella di $8^a\ \frac{1}{2}$, la 21 258 Lalande corre con rapidità verso ovest, ecc.

IV. Un'osservazione, indipendente dalle precedenti, si presenta ancora in seguito all'esame del numero comparativo delle stelle di tutte le grandezze

in ogni grado quadrato della sfera celeste: ed è che, invece di essere disseminate nello spazio secondo una distribuzione omogenea, esse sono più abbondanti in certe regioni e più rade in altre, in una proporzione considerevole V'hanno regioni affatto sprovviste di stelle ed altre ove trovansene agglomerate di tutte le grandezze.

V. I molti rettilinei che ho dedotto dall'analisi delle stelle doppie, presentano un certo numero di gruppi prospettici formati da due stelle di analogo splendore. In questi gruppi, una stella passa dinanzi un'altra senza risentirne l'attrazione; la seconda è dunque situata molto al di là e forse è molto più lontana dalla prima che non lo sia questa dalla Terra, giacchè essa rimane ferma sul fondo del cielo. Tuttavia essa è in apparenza ugualmente brillante. Vi sono persino dei casi in cui è la più piccola quella che, per la grandezza del suo moto proprio, sembra la più prossima.

VI. Se la distanza corrispondesse alla diminuzione di splendore, le distanze angolari delle stelle doppie fisiche, dovrebbero, in media, decrescere colle grandezze. Non è ciò che si osserva. Si notano, fra le stelle dalla sesta alla nona grandezza dei sistemi binarî altrettanto larghi quanto quelli che appartengono alle stelle brillanti. Questi sistemi non sono dunque immensamente lontani da noi.

VII. I moti proprî delle stelle essendo dovuti, per una parte al giuoco di prospettiva cagionato dalla nostra traslazione, e per altra parte allo spostamento reale delle stelle stesse, i moti più rapidi debbono indicare le stelle più vicine. Sembrerebbe che il valore di questi movimenti potesse fornire una base più sicura che non lo splendore, per l'apprezzamento delle distanze.

Ora, i più grandi, invece di appartenere alle stelle più fulgide, spettano, per la maggior parte, a stelle piccole. Per contro, degli astri fulgidissimi, come Canopo, Rigel, Betelgeusa, Achernar, Antares, la Spiga, ed α del Cigno, non offrono che un moto appena sensibile.

Sembra dunque che se da una parte, ciò che è incontestabile, lo splendore degli astri diminuisce in ragione del quadrato della distanza (e forse anche più rapidamente, se l'etere non è assolutamente diafano), sembra, dico, che si debba cessare di appoggiarsi sulle differenze di splendore per valutare le distanze. Le misure fotometriche d'altra parte, le rivelazioni dell'analisi spettrale, del pari che le masse determinate, s'aggiungono alle precedenti considerazioni per affermare che esistono fra le stelle le maggiori differenze di splendore intrinseco, di dimensioni e di masse.

Certamente, allorchè si vede Giove risplendere non lungi da Sirio nel cielo del sud, e si paragonano queste due smaglianti luci celesti (ciò che accadde nel verno del 1871, e si rinnovò nel 1883), non si sospetta guari generalmente che Giove è più di mille volte più grosso della Terra e che il

Sole è più di mille volte più voluminoso di Giove, e che Sirio è più di mille volte più gigantesco del Sole. Questa bella stella, che nei più potenti strumenti che siano mai usciti da mani d'uomo, non appare ancora che come un semplice punto luminoso, è in realtà un globo dotato di una tal potenza luminosa e calorifica, che se venisse a prendere il posto del nostro Sole, ogni creatura terrestre sarebbe immediatamente consumata sotto l'azione comburente di quella abbagliante fornace. Del resto, allorchè Sirio entra nel campo di un gran telescopio, il suo arrivo si annuncia alla guisa di quello del Sole nascente, l'astronomo rimane abbagliato dal suo fulgore e l'occhio il più avvezzo non può che a fatica guardarlo in faccia. Per ridurre lo splendore intrinseco del nostro Sole a quello di Sirio bisognerebbe allontanarlo ad una distanza di 5 quadrilioni e 404 trilioni di leghe!

È impossibile misurare direttamente il diametro di una stella, poichè le più brillanti e Sirio stesso sono ridotti dalla distanza a semplici punti luminosi. Se dunque vogliamo renderci conto delle dimensioni reali di un Sole quale è Sirio, bisogna abbordare il problema con un altro metodo, colla fotometria. Supponiamo che ogni ettara della superficie di questo Sole emetta la stessa quantità di luce intrinseca del Sole che ci rischiara, il risultato del calcolo indica che ammettendo la distanza registrata nel quadro precedente, Sirio deve essere diciassette volte più largo in diametro, vale a dire 4860 volte più voluminoso di quello in mezzo ai cui raggi noi circoliamo nello spazio.

Dunque di distanza in distanza, da trilioni in trilioni di leghe, da immensità in immensità, si succedono i Soli, splendidi focolari, globi enormi, centri di famiglie planetarie, di moli svariate, di diversa potenza, che campeggiano e dominano in tutte le direzioni dell'infinito. Che sono essi? Quale è la natura loro, quale è il loro valore intrinseco, quale la loro importanza nella costituzione dei cieli? Ecco quanto ci diranno gli ultimi progressi fatti nell'inesauribile campo dell'astronomia siderale.

CAPITOLO VI.

La luce delle stelle. — Scintillazione. — Analisi spettrale.

Composizione fisica e chimica.

Applicazione della fotografia. — Misura del potere calorifico delle stelle

La dolce e aggradevole luce che ci mandano gli astri, e senza la quale noi saremmo condannati a vivere in mezzo ad una oscurità altrettanto nera quanto quella di una tomba (se pure la vita avrebbe potuto apparire sul nostro pianeta in cosiffatte condizioni), questa dolce e simpatica luce è il solo mezzo di comunicazione che ci faccia conoscere l'esistenza dell'universo e ci ponga in relazione colle sue parti costitutive. Soltanto per mezzo della luce noi conosciamo l'esistenza della natura, anche allorchè si tratta di astri invisibili rilevati dal calcolo, giacchè il calcolo stesso non è fondato che sopra osservazioni dovute al senso della vista. Si può chiedersi che cosa sarebbe accaduto sul nostro mondo se fossimo stati sprovvisti di quella fibra leggiera e delicata che si chiama il nervo ottico. La risposta, per altro, non è difficile. Nessuno dei nostri sensi, nè l'udito, nè l'olfatto, nè il gusto, nè il tatto hanno un ufficio importante nella classificazione generale delle cognizioni umane: l'astronomia, specialmente, non esisterebbe, e noi vivremmo come dei ciechi che camminano brancolando nelle tenebre. Ma forse — chi lo sa? — noi saremmo dotati di un senso che percepirebbe le cose che ora ci sono sconosciute e che possono esistere nello spazio od intorno a noi, senza che nulla ci faccia accorti della loro esistenza. Chi sa che cosa ci svelerebbe un sesto senso? Il semi-dotto il quale crede di comprendere l'universo nel suo ristretto cervello, sorride qui dinanzi a questo problema imaginario e nulla indovina di invisibile nè di ignoto. Non bisogna avere nè la credulità del bacia reliquie, nè lo scetticismo del giovine dottore che scambia il programma dei suoi esami per una enciclopedia; se noi avessimo nel nostro organismo un mezzo qualunque per sentire quello che sente l'ago magnetico allorchè palpita all'avvicinarsi di un uragano magnetico o quando si agita al momento in cui una tempesta solare scoppia alla superficie dell'astro diurno, non saremmo noi

dotati di un sesto senso (1)? E questo senso non potrebbe rivelare delle maraviglie che a noi adesso rimangono incognite (2)?

Qual è quel contemplatore dei cieli che non fu colpito dalla *scintillazione* delle stelle? Laddove i *pianeti,* anche i più brillanti, (talvolta però Venere nelle sue minori fasi scintilla alquanto) irradiano una luce calma ed immobile, le *stelle* anche le meno splendenti, sembrano più o meno agitate, emettendo una luce vacillante o variabile. Questa luce che si sprigiona ora viva, ora debole, con luccicori intermittenti, ora bianca, ora verde, ora rossa, alla guisa dei scintillanti bagliori di limpido diamante, sembra animare le solitudini intersiderali e ce li farebbe credere quasi occhî aperti nei cieli. L'è come un mare calmo e trasparente sul quale viaggiano dei fanali accesi da altri mortali; il silenzio è altrettanto profondo, ma il deserto è meno vuoto e sembra che si indovini meglio la vita lontana che si agita in realtà intorno a ciascuno di questi abbaglianti focolaî ardenti nell'infinito.

La scintillazione delle stelle, studiata da un gran numero di osservatori, specialmente da Arago a Parigi, da Respighi a Roma, da Dufour a Losanna, non ha preso un posto certo nella scienza che in questi ultimi anni, mercè i lavori consecutivi e perseveranti del signor Montigny, membro dell'Accademia delle scienze del Belgio, il quale dall'anno 1870 fino al momento in cui scriviamo ha fatto migliaja di osservazioni sulla intensità e la vivezza della scintillazione delle varie stelle del cielo. I risultati ottenuti possono riassumersi nei termini seguenti:

La scintillazione è un fatto cagionato in parte dalla luce intrinseca delle stelle stesse, e in parte dallo stato della nostra atmosfera.

Le stelle che scintillano di più sono le stelle bianche, come Sirio, Vega, Procione, Altair, Regolo, Castore, le β, γ, ε, ζ, η, dell'Orsa maggiore, α Andromeda, α di Ofiuco. Vedremo più innanzi che queste stelle, esaminate allo spettroscopio, presentano uno spettro formato dallo insieme ordinario dei sette

---

(1) A legittimare l'asserzione che possono esistere sopra altri mondi esseri umani molto più perfetti — nel senso specialmente di cui parla l'autore — possiamo citare numerosi casi di persone le quali sentono nel loro organismo, *un non so che di diverso del solito,* all'avvicinarsi di un temporale, a quella guisa che i *calli* e le cicatrici di fratture e ferite avvertono chi le porta del mutarsi del tempo dal bello al brutto. Si può dire che le persone così dette *nervose* hanno già un principio di questo sesto senso; non potrebbe egli essere assai più sviluppato in creature d'altre Terre anche senza che, come per noi, le sensazioni che ne derivano, rechino molestia all'organismo? IL TRAD.

(2) Non v'ha dubbio che, fra le persone che leggeranno queste righe, parecchie avranno osservato certi fatti sorprendenti relativi alla intelligenza dei cani. Analizzino questi fatti, ed essi riconosceranno che non è per mezzo della vista che questi animali si dirigono, ma per mezzo del fiuto e che se potessero fare una classificazione qualunque delle loro conoscenze, essa non si baserebbe sulla forma esterna, la dimensione, il colore, ma sull'*odore* che esse emettono. Un cane sente la traccia del suo padrone per parecchî giorni, per parecchie settimane, anche per parecchî mesi dopo il lui passaggio, e giunge a ritrovarlo; ne sia un esempio il cane della Beresina, tornato solo dalla Russia a Firenze, due mesi dopo il ritorno del suo padrone ferito. V'hanno certamente dei mondi su cui le cognizioni scientifiche sono classificate ben altrimenti che da noi. — Per esempio, in cui l'ipocrisia si chiamasse propriamente ipocrisia, mentre qui fra noi si chiama rispetto alle convenzioni sociali, o un *salvar le apparenze.*

colori, tagliato da quattro righe nere principali (quelle dell' idrogeno); righe spettrali poco numerose. Il grado di scintillazione di queste stelle, o il numero di variazioni di colore al minuto secondo, è in media di 86; le stelle osservate erano tutte alla stessa altezza di 30 gradi sull'orizzonte.

Le stelle che scintillano meno sono le ranciate o rosse come Antares, α di Ercole, Aldebaran, Arturo, Betelgeusa, α dell'idra, ε di Pegaso, o della Balena, d'Andromeda. Le stelle di questo tipo offrono uno spettro attraversato da larghe fasce nebulose oscure che ne fanno come una specie di colonnato; la maggior parte sono variabili. La media delle variazioni di colore per secondo è di cinquantasei.

Fra questi due gruppi estremi vanno collocate le stelle di oscillazione media (69 per secondo), la cui luce è gialla, come la Capra, Rigel, Polluce, α del Cigno, γ d'Orione, γ d'Andromeda, α dell'Ariete, β del Toro, β del Leone, α dell'Orsa maggiore. Lo spettro di queste stelle è simile a quello del Sole, intersecato da righe nere finissime e vicinissime.

Esiste pertanto una certa corrispondenza fra la scintillazione di una stella e la sua costituzione fisica; le stelle il cui spettro presenta un doppio sistema di fasce oscure e di righe nere e alle quali corrispondono, per conseguenza, le lacune più numerose e le più marcate fra i loro raggi separati per dispersione nella nostra atmosfera, scintillano meno delle stelle a righe spettrali sottili e molto meno di quelle il cui spettro presenta unicamente quattro righe nere, e che non offrirebbero così che un piccolissimo numero di lacune tra i loro fasci dispersi all'aria.

La nostra atmosfera ha un ufficio considerevole nella scintillazione; più una stella è bassa e più scintilla; la scintillazione è proporzionale al prodotto che si ottiene moltiplicando lo spessore dello strato aereo attraversato dal raggio luminoso emesso dalla stella, per la rifrazione astronomica corrispondente all'altezza della stella stessa sopra l'orizzonte.

La scintillazione è tanto più pronunciata quanto più fa freddo; è assai più forte nell'inverno che in estate, fatto già da tutti avvertito.

Un altro fatto a cognizione di tutti, ed oggi scientemente stabilito, è che le forti scintillazioni annunciano la pioggia. La presenza d'acqua in quantità più o meno grande nell'atmosfera esercita la più marcata influenza sulla scintillazione e ne modifica particolarmente i caratteri a norma di questa quantità, sia quando l'acqua si trova disciolta nell'aria, sia quando cade al suolo allo stato liquido o allo stato solido sotto forma di neve.

Pertanto la luce che ci giunge dalle stelle, subisce, attraversando la nostra atmosfera, delle leggiere variazioni d'aspetto, secondo la sua intensità originale, la sua vivacità, la sua tinta, in una parola secondo la sua propria natura. Più saliamo nello strato aereo, la scintillazione decresce. In cima alle montagne

essa appare già molto debole. Durante le notti ch'ebbi la soddisfazione di passare in pallone, rimasi sorpreso della calma e della maestosa tranquillità delle celesti fiaccole, che parevano corrispondere al silenzio e alla profonda solitudine da cui mi trovavo circondato.

Noi giungiamo qui alle rivelazioni date dalla luce stessa delle stelle intorno alla loro costituzione fisica.

Abbiamo più sopra dichiarato (libro III, cap. VII) in che consiste essenzialmente l'analisi spettrale della luce.

Il primo che abbia ottenuto uno spettro stellare studiato scientificamente fu l'ottico tedesco Fraunhofer. Dopo aver descritto, con grande perfezione e una grande precisione, lo spettro solare e le sue numerose righe, intraprese lo studio di altre luci e, specialmente, di alcune luci stellari. Trovò per tal modo che la Luna, Venere, Giove offrono uno spettro identico a quello del Sole, come era da prevedersi; ma che le stelle, in generale, presentano spettri assai differenti. Egli incominciò anzi a studiare sotto questo aspetto speciale, Sirio, Castore, Polluce, Capella; ma la debolezza delle luci rendeva difficilissima l'osservazione coi prismi impiegati.

Questo studio fu tuttavia continuato e perfezionato da dotti italiani e stranieri.

Esponiamo brevemente le principali rivelazioni dovute a questa ingegnosa indagine della costituzione chimica delle stelle: la *chimica celeste*. Ecco anzitutto i risultati ottenuti dall'osservatore inglese:

Aldebaran. — La luce di questa stella è di un rosso pallido. Veduta nello spettroscopio presenta ad un tratto gran numero di grosse righe specialmente nel ranciato, nel verde e nel turchino. Le posizioni di circa settanta di queste righe sono state misurate, e si trovarono delle coincidenze cogli spettri del *sodio*, del *magnesio*, dell'*idrogeno*, del *calcio*, del *ferro*, del *bismuto*, del *tellurio*, dell'*antimonio* e del *mercurio*. Sette altri elementi sono stati raffrontati con questa stella, cioè: l'*azoto*, il *cobalto*, lo *stagno*, il *piombo*, il *cadmio*, il *litio* e il *bario*: non si riscontrò veruna coincidenza.

α di Orione. — La luce di questa stella ha una tinta rancia pronunciata. Il suo spettro è complessivo e rimarchevole. Si è misurata la posizione di circa ottanta righe e si trovarono quelle del *sodio*, del *magnesio*, del *calcio*, del *ferro* e del *bismuto*.

β di Pegaso. — Il colore di questa stella è di un bel giallo, il suo spettro ha una grande analogia con quello di α d'Orione, benchè sia molto più debole. Nove elementi sono stati raffrontati. Due di essi, il *sodio* e il *magnesio* e forse un terzo, il *bario*, forniscono degli spettri nei quali si vedono delle righe coincidenti con certe righe dello spettro di questa stella.

L'assenza verificata nello spettro di α d'Orione come in quello di β di Pe-

gaso, che ha tanta rassomiglianza col primo, di qualsiasi riga corrispondente a quelle dell'idrogeno, è un fatto di grande interesse.

Sirio. — Lo spettro di questa smagliante stella bianca è intensissimo; ma vista la sua poca altezza sull'orizzonte, anche quand'è più favorevolmente situata, l'osservazione delle più belle righe è resa assai difficile dai movimenti dell'atmosfera. Tre, se non quattro corpi elementari forniscono degli spettri

Fig. 335. — La tranquillità delle stelle sembra corrispondere al silenzio e alla solitudine delle altitudini.

nei quali le righe coincidono con quelle di Sirio: sono il *sodio*, il *magnesio*, l'*idrogeno* e probabilmente il *ferro*. Le righe dell'idrogeno sono di una forza, anormale, comparativamente a quanto si riscontra nello spettro solare.

Vega, α della Lira. — Questa stella bianca ha uno spettro della stessa classe di Sirio, e pur esso ricco di belle righe quanto lo spettro solare. L'*idrogeno*, il *sodio* e il *magnesio* vi sono visibili.

L'interesse crescente, che per siffatti risultati acquistò la studio spettrale

delle varie stelle, impegnò il P. Secchi ad intraprendere una rivista generale del cielo stellato, allo scopo di porre le basi di uno studio completo di tutti

Fig. 336

questi astri, cominciando dallo stabilire fra essi una classificazione metodica destinata a servir di guida nelle ricerche ulteriori. Approfittando perciò del bel cielo di Roma, e servendosi di un potente istrumento specialmente adat-

tato a questo genere di osservazioni, questo astronomo ha confrontato fra di loro gli spettri di più di trecento stelle. Le sue indagini lo condussero a ripartire questi Soli lontani in tre tipi principali.

Il primo tipo è quello delle stelle dette comunemente *bianche*, od anche un po' azzurre, come Sirio, Vega, α dell'Aquila e altre molte. Esse hanno in generale due grosse righe: una nel turchino al limite del verde, che coincide colla riga solare *F;* l'altra nel violetto, vicinissima alla riga solare *H*, ma più prossima di questa all'estremità del rosso. Una terza riga si trova nell' estremo violetto, ma non è visibile che nelle stelle più brillanti.

Il secondo tipo è quello delle stelle a righe sottili, analoghe al nostro Sole: stelle gialle, quali Arturo, la Capra, Polluce e la maggior parte delle belle stelle di seconda grandezza.

Il terzo tipo, che diversifica dal primo come un estremo opposto, è il tipo a zone chiare, larghe e forti, in numero di sei o sette, separate fra loro da righe nere e da intervalli semi-oscuri o nebulosi. I rappresentanti principali di questa categoria sono α dello Scorpione, α d'Ercole, β di Pegaso, β di Perseo, ecc. Queste stelle hanno generalmente un color giallo e rosso.

|336|

La figura 337 rappresenta i tipi a cui si possono riferire quasi tutti gli spettri stellari: — 1° le stelle bianche (Sirio, Vega...); — 2° le stelle gialle (il Sole, Arturo...); — 3° le stelle ranciate (α d'Orione, α d'Ercole...) che si dividono in due sezioni; — 4° le stelle rosse (ο della Balena, μ di Cefeo...).

Le righe fondamentali del primo tipo sembrano esser quelle dell' idrogeno portato ad un'alta temperatura... Questo gas arde quei Soli lontani come abbrucia nei nostri apparecchî, ed è lo *stesso gas*. Vi si scorgono anche in ignizione il sodio ed il magnesio.

La struttura del secondo tipo sembra più suscettibile di varietà, e tuttavia vi si trova una costanza assai notevole, una identità chimica quasi completa con quella del nostro Sole; ferro, titanio, calcio, manganese, sodio, magnesio, potassio, idrogeno.

Il terzo tipo è il meno numeroso di tutti, ma non il meno importante. Si distingue dagli altri due per le altre lacune deboli e nebulose che dividono lo spettro in zone...

I pianeti che possono circolare intorno a Soli sprovvisti di idrogeno, assai probabilmente li rassomigliano, e senza dubbio non possiedono questo elemento di così alta importanza. A quali forme di vita possono confarsi pianeti siffatti? « Mondi senza acqua! osserva a questo proposito lo stesso signor Huggins: ci farebbe di mestieri la potente imaginazione di Dante per giungere a popolare questi pianeti di creature viventi. A parte queste eccezioni, è degno di nota che gli elementi terrestri più largamente sparsi nella innumerevole armata delle stelle, sono precisamente quelli essenziali alla vita,

quale essa esiste sulla Terra: l'idrogeno, il sodio, il magnesio, il ferro. L'idrogeno, il sodio e il magnesio rappresentano inoltre l'oceano, che è una parte essenziale di un mondo costituito qual è la Terra. »

L'analisi spettrale applicata alle stelle doppie ha provato che gli ammirabili colori offerti da queste coppie non sono dovuti a semplici effetti di contrasto, ma che sono reali. I due Soli che compongono la stella doppia β del Cigno, per esempio, colorata una in giallo e l'altra in turchino, offrono due spettri assolutamente diversi.

Vedremo fra poco esistere un certo numero di stelle il cui splendore varia periodicamente, con un grado di regolarità che non è lo stesso per tutte. Diverse congetture furono proposte per spiegare queste variabilità; ma non si appoggiavano su veruna solida base. Dacchè l'analisi spettrale potè essere applicata alle stelle, si son naturalmente chieste a questo nuovo mezzo di indagini delle indicazioni capaci di porci in traccia delle cause di un fenomeno tanto singolare.

La stella variabile più celebre, *Algol* o β di Perseo, esaminata parecchie volte all'epoca del suo minimo di splendore, ha sempre mostrato il tipo di Vega (tipo primo); da che si potrebbe conchiudere che l'incendio della stella non è dovuto ad un fenomeno chimico, che la stella non cambia, e che è senza dubbio eclissata da un pianeta del suo sistema che passa a lei dinanzi. Questa idea, già emessa anteriormente, di attribuire la diminuzione periodica di splendore di Algol ad un'eclisse prodotta da un corpo opaco che circola intorno alla stella, si acconcia del resto benissimo colla regolarità del fenomeno e colla breve durata della fase di diminuzione. Più innanzi torneremo su questo argomento.

Un'altra stella variabile colla quale eziandio abbiamo già fatto conoscenza, *Mira* od o della Balena presenta un magnifico spettro del terzo tipo, paragonabile in bellezza a β di Pegaso e ad α di Orione, e altrettanto facile a risolversi. È uno degli spettacoli più singolari che ci presenti l'osservazione del cielo, e prova che la variabilità di questa stella, al pari di quella di quasi tutte le stelle variabili (Algol eccettuata) è dovuta, non ad eclissi prodotte da corpi opachi, ma a delle crisi, a dei moti fotosferici analoghi a quelli che noi osserviamo nel Sole.

Le stelle temporarie, che appajono più o meno improvvisamente in cielo, poi diminuiscono di splendore a poco a poco per poi scomparire affatto, meritano particolare attenzione: una di queste misteriose apparizioni è avvenuta nel 1866 nella costellazione della Corona boreale e fu sollecitamente sottoposta all'esame dell'analisi spettrale. La luce di questa stella nuova, esaminata da Huggins e Miller, diede uno spettro affatto particolare, dimostrando che essa emanava da due diverse sorgenti. V'erano due spettri analoghi a quello del Sole (righe oscure in gran numero), sovrapposti, uno formato evidente-

mente dalla luce di un'atmosfera solida o liquida incandescente, assorbita poi dai vapori di un inviluppo meno caldo di quell'atmosfera: l'altro composto di un picciol numero di righe brillanti che davano indizio di una materia allo stato di gas luminoso... Il carattere dello spettro di questa stella, raffrontato colla repentina esplosione della sua luce, e colla rapida diminuzione del suo splendore, fa supporre che, per effetto di qualche grande convulsione interna immense quantità di gas se ne siano svolte, che l'idrogeno che ne faceva parte si sia infiammato combinandosi con qualche altro elemento, ed abbia così fornito la luce rappresentata dalle righe brillanti; che finalmente le fiamme abbiano riscaldata la materia solida della fotosfera sino ad una viva incandescenza. Allorchè l'idrogeno fu esaurito, la stella si è estinta rapidamente. Non trovansi qui tutti i caratteri di un vero *incendio*, cui ci fu dato di essere spettatori nella profondità degli spazî celesti?

Riparleremo più innanzi di questa stella, non che di un'altra analoga che crebbe subitamente di splendore nel 1876, nella costellazione del Cigno, e il

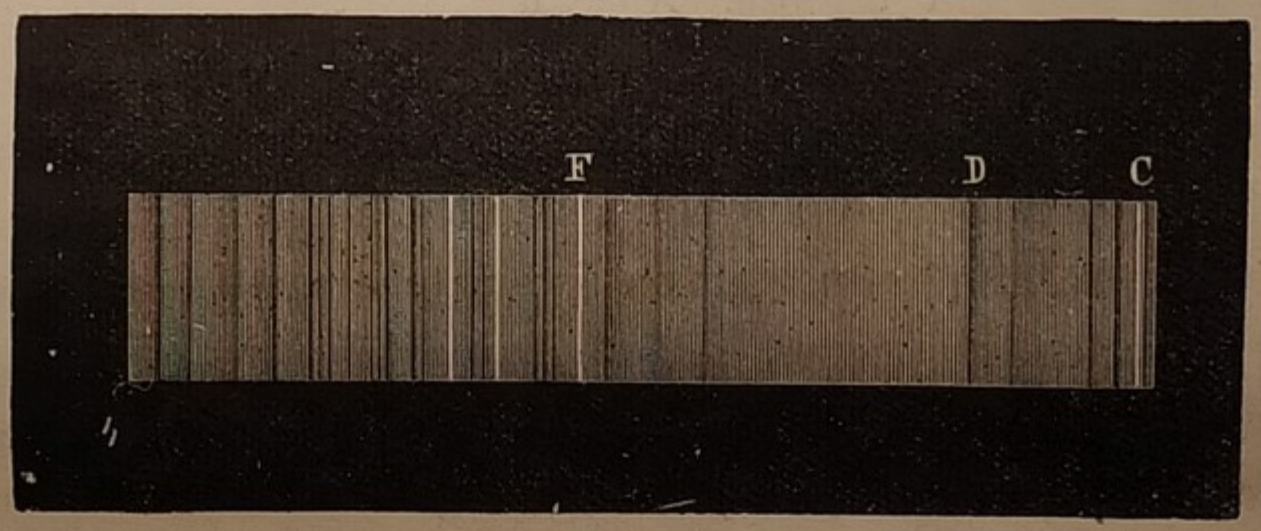


Fig. 337. — Spettro della stella nuova della Corona (1866).

cui spettro esaminato dal signor Cornu, ha mostrato le righe dell'idrogeno e della cromosfera del nostro Sole.

Dunque oggidì le rivelazioni discendono proprio dal cielo. Si analizzano le sostanze costitutive degli astri come se si potessero toccare e sottoporre ai crogiuoli dei nostri laboratorî.

Si è del pari tentato di fare la fotografia delle stelle e vi si riuscì. Da più di trent'anni si ottengono magnifiche fotografie del Sole, ed è naturale; ma allorchè trattossi della Luna, l'operazione era già più difficile, a motivo della debole intensità della luce lunare a confronto di quella del Sole, e della differenza di toni delle diverse regioni del nostro satellite, come abbiam veduto più addietro. L'abilità e la perseveranza sono venute a capo delle più grandi difficoltà ed oggi noi possediamo delle fotografie della Luna ingrandite a più d'un metro di diametro, le quali riproducono i più minuti dettagli con una nitidezza veramente ammirabile. I pianeti di Giove, Venere, Saturno, Marte, si sono in seguito presentati all'ambizione sempre crescente del fotografo astro-

nomo ed hanno fissato sulla lastra sensibilizzata la configurazione generale del loro aspetto fisico. Ma allorchè si è trattato delle stelle, le difficoltà erano ancora maggiori. Tuttavia, fin dall'anno 1857, Bond ha fotografato la bella stella Mizar, accompagnata da Alcor e da tutte le stelle visibili nel campo del cannocchiale, fino all'ottava grandezza. Questa bella stella doppia (Mizar e il suo socio vicino) si è meravigliosamente fotografata e con tanta perfetta precisione che si potè far uso della fotografia per misurare l'angolo e la distanza del compagno (a 14″). Da quest'epoca si è riusciti a fotografare quasi tutte le stelle di prima e di seconda grandezza, non che le Plejadi, le Iadi,

Fig. 338. — Riproduzione di una fotografia diretta di un gruppo di stelle (ammasso del Cancro).

degli appezzamenti della Via Lattea e i principali gruppi di stelle. Huggins ha perfino fotografato lo spettro di Vega.

Le stelle, che ci mandano una luce così debole, non ci trasmettono che una quantità di calore ancora meno percettibile ai nostri sensi, e tuttavia si è tentato di misurarlo. Secondo le esperienze di Stone, Arturo ci invia molto più calore di Vega. A 25 gradi di altezza sull'orizzonte, a Greenwich, la prima parve emettere un calore eguale a quello di un cubo di Leslie pieno d'acqua bollente alla distanza di 115 metri, mentre a 60 gradi di altezza, Vega non dava che una quantità di calore eguale a quella dello stesso cubo

alla distanza di 260 metri. Sarebbe cosa quasi impossibile di indicare questo debole calore in frazioni di grado del termometro. Il sole Arturo pertanto è più caldo di Vega e i raggi all'estremità rossa dello spettro sono quelli che agiscono nella sua luce, mentre il sole Vega è meno ardente e i raggi chimici all'estremità turchina sono i più attivi. Ecco dunque che l'astronomia penetra ormai colla sua universalità tutte le altre scienze e le richiama tutte nella propria sfera per esigerne ancora delle soluzioni inattese e veramente meravigliose: la chimica e la fisica prendono possesso del cielo; l'universo diventa per l'uomo un immenso laboratorio.

Abbiam veduto che la luce non si trasmette istantaneamente da un punto ad un altro, ma progressivamente come qualunque mobile; ch'essa vola in ragione di 300 000 chilometri al minuto secondo, ne percorre 3 000 000 in 10 secondi, e 18 000 000 in un minuto; che essa impiega più di 8 minuti a varcare la distanza di 37 milioni di leghe che ci separa dal Sole, quattro ore per venire da Nettuno, tre anni e mezzo per giungerci dalla stella più vicina, ecc. (1).

V'ha qui dunque una sorprendente *trasformazione del passato in presente.* Per l'astro osservato, è il passato, già scomparso; per l'osservatore è il presente, l'attuale. Il passato dell'astro è rigorosamente e positivamente il presente dell'osservatore. Come l'aspetto dei mondi cambia da un anno all'altro, da una stagione all'altra, e quasi dall'oggi all'indomani, si può imaginarsi questo aspetto come fuggente nello spazio e inoltrantesi all'infinito per rivelarsi agli occhî dei lontani contemplatori. Ogni aspetto è seguìto da un altro e così successivamente; si direbbe una serie di ondulazioni che portano lontano il passato dei mondi, diventato presente per gli osservatori schierati sul suo passaggio. Quello che noi crediamo vedere presentemente negli astri è già passato: e quello che vi accade attualmente non lo vediamo ancora.

Noi non vediamo veruno degli astri tal quale è, ma tal quale era all'istante in cui ne è partito il raggio luminoso che ci colpisce. *Non è lo stato attuale del cielo che è visibile, ma la sua storia passata.* Sonvi per avventura tali e

---

(1) Possiamo paragonare il suo moto ondulatorio a quello del suono, benchè si compia sopra una scala incomparabilmente più vasta. Il suono si diffonde nell'aria per mezzo di ondulazioni che si seguono l'una all'altra. Allorchè le campane suonano a distesa, il muggito è udito all'istante stesso in cui il batacchio percuote la campana, da quelli che abitano vicino alla chiesa, non è udito che un secondo dopo da quelli che abitano lontano 340 metri, 2 secondi dopo da quelli che trovansi a 700 metri di distanza, e 3 secondi più tardi arriva a chi si trova alla distanza di un chilometro dalla chiesa. Per tal modo non giunge che successivamente da un villaggio ad un altro, tanto lontano quanto può andare. — Del pari la luce non passa che successivamente da un luogo più vicino ad uno più lontano dello spazio, e si diffonde così senza spegnersi fino a distanze che si possono dire infinite. — (Avvertasi però che il mezzo in cui si propagano le ondulazioni della luce non è l'aria, ma l'etere, sostanza incomparabilmente più rarefatta e più sottile dell'aria. — Il Trad.) — Se noi potessimo dalla Terra vedere un fenomeno compientesi sulla Luna; se per esempio avessimo degli istrumenti tanto perfetti per veder da qui un frutto che cadesse da un albero alla superficie della Luna, noi non vedremmo questo fatto *all'istante stesso* in cui si produce, ma un secondo e $\frac{1}{4}$ *dopo*, perchè ad attraversare lo spazio che ci divide dalla Luna, la luce impiega appunto 1'', 3 circa.

tali astri che più non esistono da diecimila anni, e che noi vediamo ancora, perchè il raggio che ci giunge adesso se ne è spiccato molto tempo prima della sua distruzione. Tale stella doppia di cui con mille cure e un incessante affaticarci cerchiamo di determinare la natura ed i moti, non esiste più da che vi sono astronomi sulla Terra. Se il cielo visibile oggi fosse annientato, lo si vedrebbe ancora domani, e ancora l'anno venturo, e ancora per cento, mille, cinquecentomila anni, e più ancora, fatta eccezione soltanto per le stelle più vicine, le quali si spegnerebbero successivamente allorchè fosse decorso il tempo necessario ai raggi luminosi che ne emanano, per varcare la distanza che ce ne separa: α del Centauro si estinguerebbe per la prima, entro tre anni e sei mesi, Sirio entro sedici anni, ecc.

Se dalla Terra si vede una data stella, non come è al momento in cui la si osserva, ma quale era cento anni prima, del pari da quella stella non si vede la Terra che con un ritardo di cento anni. La luce impiega lo stesso tempo per compiere lo stesso tragitto.

Un uomo, uno spirito, partito dalla Terra quest'anno, sia per causa di morte o altrimenti, e trasportato in qualche ora e in qualche giorno sulla stella Capella, vedrebbe la Terra di 72 anni addietro e rivedrebbe sè stesso bambino, colle case e le persone che esistevano 72 anni innanzi, giacchè l'aspetto della Terra non giunge colà che con questo ritardo.

Se l'anzidetto osservatore, se quest'anima terrestre trasportata sopra Capella potesse ritornare in pochi giorni sulla Terra, la sua vita tutta intera gli apparirebbe ristretta come in una miniatura.

Non è questa nè una visione, nè un fenomeno di memoria, nè un atto maraviglioso e soprannaturale, ma un fatto attuale, positivo, naturale e incontestabile; ciò che è da lungo tempo passato sulla Terra, è soltanto presente per l'osservatore lontano nello spazio. Questa visione non è perciò meno assai maravigliosa. E in vero un fatto abbastanza singolare di trovarsi per tal guisa nell'impossibilità di veder gli astri tali quali sono nel momento in cui si esaminano, e di non poter vedere che il loro passato.

Pertanto la propagazione successiva della luce propaga seco attraverso l'infinito la storia antica di tutti i soli e di tutti i mondi, tradotta in un *eterno presente.*

La realtà metafisica di questo vasto problema è tale, che si può ora concepire la onnipresenza del mondo in tutta la sua durata. Gli avvenimenti si dileguano pel luogo che li ha fatti nascere, ma restano nello spazio. Questa projezione successiva e senza fine di tutti i fatti compiutisi in ciascun mondo si effettua in seno all'*Essere infinito,* la cui ubiquità tiene così ogni cosa in una permanenza eterna.

CAPITOLO VII.

Cambiamenti osservati nello stato delle stelle.
Stelle temporarie repentinamente apparse nei cieli. — Stelle variabili.
Stelle periodiche. — Stelle scomparse dal cielo.

Il titolo qui sopra risponde esso veramente alla realtà? Le stelle non essendo soltanto dei punti brillanti attaccati alla vòlta del firmamento, ma ogni stella essendo effettivamente un Sole analogo al nostro, è mai possibile che un sole aumenti o diminuisca di splendore? Il nostro proprio Sole può dunque un bel giorno crescere in luce e in calore, abbarbagliarci, acciecarci, arderci, consumare la vegetazione del globo, far perire l'animalità in un deserto infuocato, e prostrare l'umanità ansante nelle sabbie ardenti di un Sahara perpetuo? Oppure, per l'opposto, la benefica sorgente del nostro calor naturale può dessa avvolgersi in denso velo, sospendere il suo irradiamento, trattenere i suoi raggi d'oro, i dardi di fuoco dell'antico Apollo, rifiutarci la primavera ed i fiori, l'estate colle sue messi, l'autunno e la vigna, stendere sul globo le brine di un perpetuo inverno, agghiacciare il sangue nelle nostre vene, far abbrividire ogni vivente nell'estrema inedia sotto un'atmosfera nebbiosa, assiderante e glaciale, e coricare l'umanità intera in un sudario di neve alta e sempre crescente?

. . . . Sì, il nostro bello, il nostro buon Sole può estinguersi e riaccendersi può in qualche settimana mandar la morte a invadere il mondo; può dominare in mezzo al cielo grigio come un livido spettro regnante sopra un vasto cimitero; può rinascere dalle sue ceneri e ricondurre momentaneamente la vita scomparsa durante mesi, anni e secoli; lo può... e l'ha (forse?) già fatto.

Sì, la Terra è già stata sepolta sotto un sudario di neve e di ghiaccio e tutte le specie viventi si videro immerse in una silenziosa catalessia. Eppure il mondo allora era già vecchio. Ben da secoli, da migliaja di secoli gravitava in cadenza nella luce e nel fecondo calore dell'astro celeste; molte volte già la sua popolazione vivente era stata trasformata e rinnovellata; le splendide e impenetrabili foreste di felci alborescenti avevano ceduto il posto ad oasi soleggiate, piene di raggi, di profumi e di uccelli dalle piume scintillanti; i mostruosi saurî feroci dell'epoca secondaria avevan fatto luogo alle specie

superiori dell'epoca terziaria; già il taciturno mammuth guidava i suoi branchi fra le felci arboree e le sigillarie, e già il rinoceronte dalle narici tramezzate cacciava nei boschi, già il cervo gigantesco correva colla velocità del dardo attraverso le valli e i burroni; l'orso stabiliva nelle caverne la sua famiglia, le scimie trescavano nel folto degli alberi fruttiferi, il cavallo correva caracollando per le campagne; e i nidi dei boschetti inaffiati dai ruscelli dal lene pispillo, erano pieni d'amore e di canzoni, quando la temperatura si abbassò fino al punto da non lasciar più una sola goccia d'acqua allo stato liquido (?). Un cielo oscuro si distese sul mondo. La natura sostò come l'uomo che vacilla, e la vita si estinse, più non cantarono gli uccelli; le piante più non fiorirono, il ruscello più non colò, il sole più non risplendette. Quest'epoca glaciale, di cui la geologia trova oggidì dappertutto le traccie ancora visibili, si è estesa sul globo intero; la Francia già press'a poco costituita, la Svizzera, l'Italia, le varie contrade d'Europa, dell'Asia e dell'Africa, non che quelle del continente americano ne portano ancora le vestigia. Esisteva già l'uomo? È egli stato testimonio di questa immensa catastrofe? Ha egli trovato per proteggersi e salvare la sua specie nascente un vulcano benefico, un'isola equatoriale, un rifugio dimenticato nell'universal cataclisma? Questo tempo è già tanto lontano, che noi più non ce ne ricordiamo. Ma il periodo glaciale è scritto a chiare note nel gran libro della natura; la sua spiegazione soltanto oscilla ancora nel dubbio delle teorie, e l'ipotesi che meglio lo spiega è di assomigliare il nostro Sole agli altri soli variabili dell'universo e di ammettere che la variazione di calore fu sufficiente per dare il nostro pianeta in balìa dei ghiacci che lo hanno involto (1)

Noi vediamo esempî analoghi prodursi innanzi a noi nei cieli. Uno dei più rimarchevoli è quello che ci offre una stella della costellazione della Nave, la stella η, situata in mezzo ad una singolare nebulosa. Nel 1837, questa stella era di prima grandezza, e fino al 1854 essa superò in splendore le più belle stelle del cielo, non lasciando la palma che a Sirio che essa quasi

---

(1) Questa teoria dell'illustre autore sa assai di poetico. Per me sto al parere di chi crede potersi verificare un'epoca glaciale anche soltanto in una regione limitata del globo data una condizione ed un fatto la prima che la temperatura del globo sia altissima, come lo fu indubbiamente nelle epoche preistoriche; il secondo, che quella regione subisca un sollevamento più o meno rapido; se le nostre prealpi o colline che contornano i nostri laghi si sollevassero, anche regnando l'attual temperatura, all'altezza della catena alpina, ecco che i ghiacciai si estenderebbero protraendosi fin verso le foci dei fiumi che ne scendono: tutto il bacino del Po subirebbe un'epoca glaciale senza che il Sole si estinguesse. Inoltre per spiegare l'epoca glaciale parmi erronea l'ipotesi dell'estinzione del Sole; cessato il potere calorifico del grande astro, cesserebbe naturalmente l'evaporazione e coll'evaporazione sia delle grandi estensioni liquide, sia dei già esistenti depositi di nevi e di ghiacci, cesserebbe la formazione delle nubi; quindi nessuna precipitazione liquida o solida. Non intendesi dunque come si possa conciliare la caduta di nevi e la formazione di ghiacciai col raffreddamento della Terra prodotto da una estinzione del calore solare. Per lo contrario posso credere ad un'alta temperatura, ad una straordinaria evaporazione la quale nel tempo stesso che creerebbe un'epoca glaciale per regioni relativamente elevate, lascerebbe sussistere, anzi concentrerebbe la vita in quelle più basse e più equatoriali.

IL TRAD.

uguagliava nel 1843, superando Vega, Arturo, Rigel, α del Centauro e Canopo. Ora, nel 1856, essa incominciò ad impallidire e discese al disotto di tutte le stelle di prima grandezza, venendo a schierarsi fra quelle di seconda. Continuando a declinare, essa raggiunse nel 1859 le stelle di terza grandezza, nel 1862 quelle di quarta, nel 1864 quelle di quinta, nel 1867 quelle di sesta, e nel 1870 scomparve all'occhio nudo. Dopo il 1871 essa scese lentamente i gradi che separano la sesta grandezza dalla settima, e nel 1879 era decisamente di settimo ordine. Così, nell'anno 1856, sotto i nostri occhî, per così dire, questo sole lontano, di un parallasse inapprezzabile situato ad una distanza spaventevole, e di un prodigioso volume, questo colossale focolajo di un sistema sconosciuto è disceso in 23 anni di sette gradi di splendore, e spande attualmente intorno a sè cento volte meno di luce di quanto ne irraggiava or sono 23 anni, meno ancora, forse centocinquanta volte meno.

Quali criterî si potranno stabilire sopra siffatte variazioni, riguardo alle condizioni di abitabilità di un sistema planetario sottoposto alle irregolarità di un sole così fatto? Se esiste colà qualche terra abitata analoga alla nostra, ecco un periodo glaciale indotto alla superficie dalla graduata estinzione del suo sole.

Si sveglierà esso, questo sole della Nave? Continuerà esso a declinare fino ad estinzione completa, o si rianimerà un giorno per projettare di bel nuovo intorno alla sua sfera l'irradiamento della luce e del calore che parevano averlo abbandonato per sempre? Possiamo e dobbiamo sperarlo, e questa speranza è in parte giustificata dai suoi fenomeni del decorso dei duecento anni da che lo si osserva. Halley lo ha veduto di 4ª grandezza nel 1867, Lacaille di 2ª nel 1751, Burchell di 4ª nel 1811, Brisbane di 2ª nel 1822, Burchell di 1ª nel 1827, Johnson di 2ª nel 1830, Herschel di 1ª nel 1837. Ecco dunque un Sole che varia rapidamente e in forti proporzioni, e noi dobbiamo attenderci a vederlo risalire quanto prima per tutti i gradi per cui è disceso (1).

A qual causa puossi attribuire questa enorme variazione di splendore? La stella s'allontanerebbe essa da noi con incredibile velocità e si avvicinerebbe poi allorchè il suo splendore aumenta? No, perchè, da una parte, non si riscontra verun movimento (bisognerebbe dunque che la traslazione si effettuasse precisamente nella direzione del nostro raggio visuale, il che è poco probabile, e quasi impossibile se si consideri il numero oggidì ragguardevole delle stelle variabili conosciute); d'altra parte bisognerebbe ammettere che la stella si fosse allontanata, dal 1856 al 1867, di tutta la distanza capace

---

(1) Si troverà questa stella singolare della Nave sul nostro planisfero celeste (Vedi Tavola a pag. 670), nell'emisfero australe, sulla linea di XI ore, e a 60° di declinazione.

di ridurre una stella di primo ordine, ad una di sesto, cioè di 9 milioni di volte il raggio dell'orbita terrestre, ciò che farebbe supporre una velocità stravagante, d'altronde impossibile ad ammettersi, dal momento che il raggio di luce che impiegherebbe 15 anni a venire a noi dalla prima distanza, ne metterebbe 150 per giungerci dalla seconda. Dunque la variazione di luce non proviene da una variazione nella distanza dell'astro.

Sarebbe essa prodotta da un'eclisse? Occorrerebbe ammettere per questo che un globo opaco e oscuro, grosso quanto la stella medesima, passasse precisamente tra essa e noi, ed impiegasse parecchî anni a mascherare la sua luce. La natura stessa dei moti celesti si oppone a questa ipotesi.

La spiegazione più naturale è d'ammettere che questi periodi di sovrabbondanza di splendore corrispondano ad una sovreccitazione nella fotosfera luminosa di quei Soli lontani.

Abbiamo veduto studiando il nostro proprio Sole, che la sua luce è dovuta a nugoli di particelle solide o liquide abbrucianti nella sua atmosfera comburente, come il carbonio, la calce o la magnesia nelle nostre fiamme artificiali. Siccome l'ha stabilito precisamente il signor Faye a proposito di stelle variabili, la fase *solare,* il periodo di splendore e di attività di un astro comincia quando la superficie della massa gasosa incandescente si è raffreddata abbastanza perchè vi sia precipitazione di nubi liquide o solide suscettibili di emettere una viva luce. Gli è così che si forma la fotosfera di un nuovo sole. A partire da un certo momento, i fenomeni della fotosfera possono rivestire un carattere oscillatorio. L'equilibrio della massa gasosa è dapprima turbato dalle pioggie di scorie che discendono e dai vapori che si elevano, assolutamente a quella guisa che l'equilibrio della nostra atmosfera è turbato dalla circolazione dell'acqua sotto i suoi tre strati; poi, allorchè questo scambio fra la superficie e l'interno comincia ad essere impedito dalla invasione delle scorie, veggonsi prodursi dei fenomeni eruttivi, dei cataclismi periodici che hanno per conseguenza una recrudescenza di splendore, rapida, ma passeggera. Ad ogni sprofondamento della fotosfera condensata corrisponde un subitaneo afflusso di gas incandescenti provenienti dall' interno. In ultimo luogo, queste alternative non si presentano più che a sbalzi, per cessare alla fine completamente.

Fra tutte le stelle che hanno cambiato di splendore, la più memorabile è quella che, nel 1572, acquistò repentinamente una tal fulgentezza da eclissare tutte le sue sorelle del firmamento e divenne visibile di pieno meriggio. Essa fu osservata da Ticone, il quale, nella sua narrazione del fatto, dice:

La nuova stella, era sprovvista di coda; nessuna nebulosità la circondava; essa rassomigliava sotto ogni aspetto alle altre stelle di prima grandezza. Il suo splendore superava quello di Sirio, della Lira e di Giove. Non si poteva

paragonarlo che a quello di Venere quando questa è più vicina alla Terra. Delle persone dotate di una buona vista potevano discernere questa stella durante il giorno, anche di mezzodì, quando il cielo era limpido. La notte, se il cielo era coperto, allorchè le altre stelle erano velate, la stella nuova è rimasta parecchie volte visibile attraverso nubi abbastanza dense. La distanza di questa stella da altre di Cassiopea, che misurai l'anno dopo colla massima diligenza, mi ha convinto della sua perfetta immobilità. A partire dal mese di dicembre del 1572 il suo splendore cominciò a decrescere; essa era allora eguale a Giove. Nel gennajo 1573 divenne meno brillante di Giove. In febbrajo e marzo, pareggiava le stelle di primo ordine. In aprile e maggio stava fra le stelle di 2ª grandezza. Il passaggio dalla 5ª alla 6ª grandezza ebbe luogo dal dicembre 1573 al febbrajo 1574. Il mese seguente, la nuova stella scomparve, senza lasciar traccia visibile alla semplice vista, dopo aver brillato diciassette mesi.

Questi dettagli circostanziati lasciano indovinare l'influenza che un tal fenomeno deve esercitare sugli spiriti. Pochi avvenimenti storici menarono tanto rumore quanto questo misterioso invio del cielo. Era l'11 novembre 1572, pochi mesi dopo la strage di San Bartolomeo; il malessere generale, la superstizione popolare, la paura delle comete, il timore del finimondo, annunciato da lungo tempo dagli astrologi, erano un eccellente apparato scenico per una siffatta scomparsa. Epperò presto si divulgò la notizia che la nuova stella era quella istessa che aveva condotto i Magi a Betlemme, e che la sua venuta presagiva il ritorno dell'Uomo-Dio sulla Terra e il giudizio finale. Per la centesima volta forse, queste sorta di pronostici furono riconosciute assurde; ma questo non impedì agli astronomi di aver gran credito dodici anni più tardi, allorchè annunziarono di nuovo la fine del mondo per l'anno 1588; queste predizioni conservarono, in fondo, la stessa influenza sulle masse popolari.

Dopo la stella del 1572, la più celebre è quella che apparve nell'ottobre 1604 nel Serpentario, e che fu osservata da due astronomi illustri: Keplero e Galileo. Come era accaduto per la precedente, il suo splendore s'indebolì insensibilmente: essa visse quindici mesi e sparve senza lasciar traccie. Nel 1670, un'altra stella temporaria accesasi nella testa della Volpe, presentò il fenomeno singolare di estinguersi e di ravvivarsi parecchie volte prima di svanire completamente. Noi conosciamo per tal modo *ventiquattro stelle* che da duemila anni in poi hanno presentato una repentina esaltazione di luce e sono ritornate invisibili all'occhio nudo. Le due ultime apparizioni di questo genere accaddero sotto nostri occhî nel 1866 e 1876 ed hanno permesso all'analisi spettrale di stabilire che trattavasi, come abbiam visto, di una vera combustione, di un incendio dovuto ad una espansione formidabile di idrogeno incandescente e a fenomeni analoghi a quelli che si compiono nella fotosfera solare. Vuolsi qui

fare l'osservazione abbastanza curiosa, che queste stelle non si sono accese indifferentemente in punti qualsiasi del cielo, ma in regioni abbastanza fitte di stelle, specialmente in vicinanza della Via Lattea come si vede nella fig. 339.

Come mai delle stelle, dei *Soli*, possono di tal guisa brillare improvvisamente nello spazio?

L'idea che queste stelle temporarie possano essere delle creazioni nuove non può più oggidì accettarsi. La loro comparsa effimera offre un rimarchevole contrasto colla permanenza di splendore delle stelle in generale; sono evidentemente stelle variabili, irregolari e non periodiche; esse esistevano in cielo prima di subire queste esaltazioni straordinarie, e sono ricadute al loro rango primitivo, come si è accertato per quelle che si sono potute tener d'occhio. V'ha una differenza capitale fra questi prodigiosi sconvolgimenti e

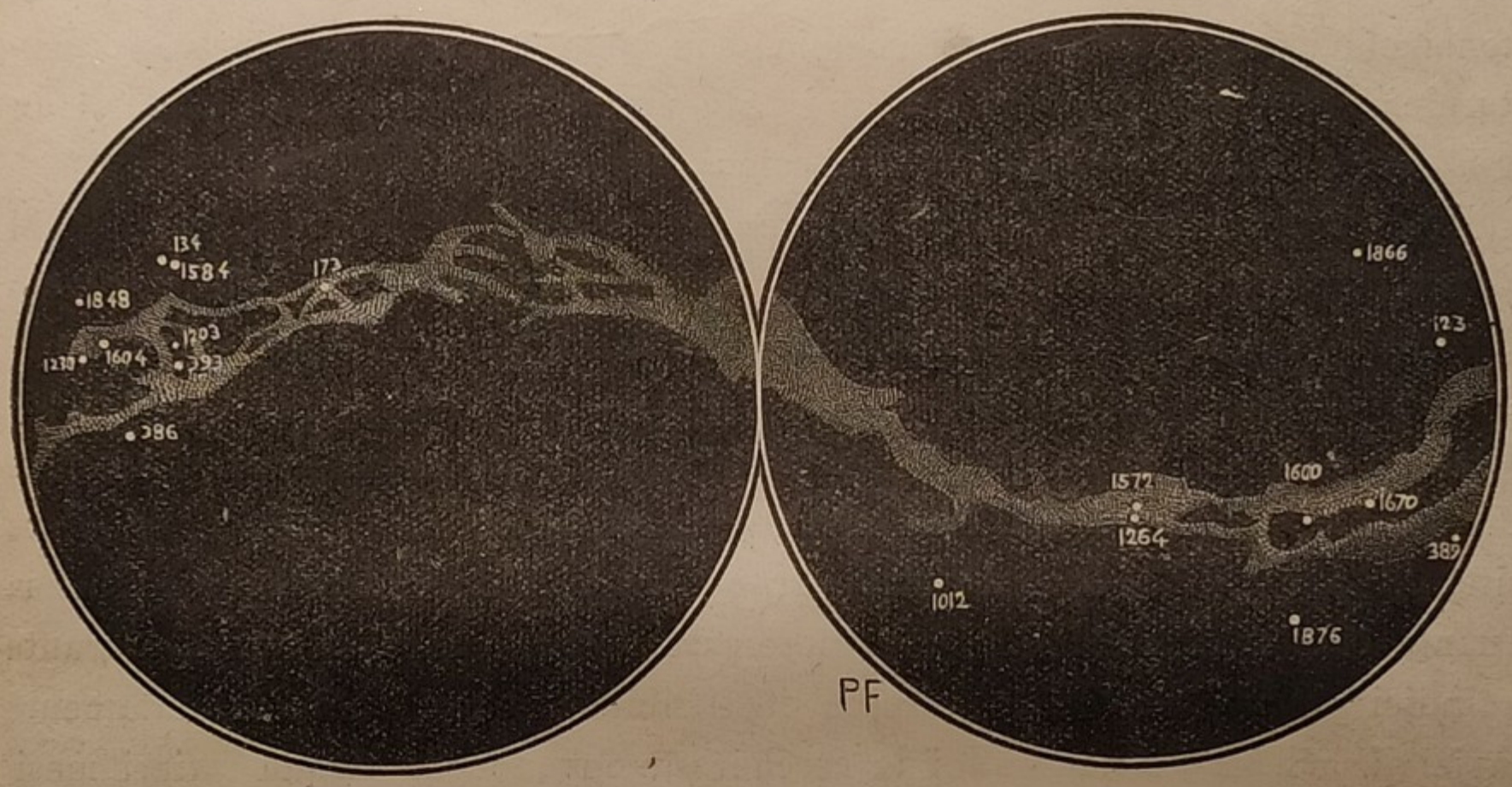


Fig. 339. — Posizione nel cielo delle stelle temporarie apparse repentinamente.

le variazioni regolari delle stelle periodiche, che noi studieremo fra poco. Tuttavia, bisogna dire che fra le prime e le seconde si trovano per così dire tutti i gradi di irregolarità; così, per esempio, la stella η della Nave può servire di intermediario fra le due specie.

È probabile che queste variazioni di luce provengano da processi effettuantisi in questi Soli medesimi ed analoghi a quelli che noi osserviamo sul nostro proprio Sole. Abbiamo veduto che il numero delle macchie solari varia in un periodo di undici anni. Questa variazione è già considerevole, poichè v'ha più del decuplo di macchie negli anni di massimo, che negli anni del minimo; soltanto che, siccome esse non intercettano che una debolissima porzione della luce solare, un osservatore lontano che seguisse con attenzione la nostra stella potrebbe appena accorgersi della variazione. Ci basta supporre il fenomeno delle nostre macchie solari riprodotto negli altri Soli sopra

una scala molto più vasta, per avere una spiegazione plausibile delle stelle variabili in rapporto con quello che noi sappiamo della costituzione fisica dei Soli. Che una esplosione generale venga a prodursi in uno di questi Soli, in guisa che sia a un tratto ravvolto da protuberanze d'idrogeno infiammato e che il reticolato oscuro in cui abbiamo visto nuotare le granulazioni luminose della fotosfera solare scompaja sotto la condensazione delle facule smaglianti, oppure che un Sole che comincia a raffreddarsi ed a coprirsi di una crosta solida venga squarciato da eruzioni dell'interna fornace, o sia ancora che la caduta di un enorme bolide o l'incontro di un corpo celeste sfondi un continente di recente formazione sopra un Sole che sta incrostandosi, ed ecco la spiegazione delle nostre stelle temporarie che rifulsero improvvisamente di una luce abbagliante per ricadere in seguito nel loro stato primitivo.

Pertanto la conoscenza del nostro stesso Sole può istruirci assai intorno ai fenomeni i più lontani, che si compiono in cielo, e per una reciprocanza naturale dello stesso ragionamento, noi vediamo che può esso stesso trovarsi un giorno in preda a consimili perturbazioni.

Forse ancor più singolari di queste repentine conflagrazioni, le quali, al postutto, possono essere il risultato di trasformazioni solari di cui possiamo formarci un'idea, sono le variazioni regolari, rapide e periodiche che si osservano in certe stelle.

Una delle più famose è la stella Omicron (o) della Balena, chiamata anche *Mira Ceti,* « la Mirabile della Balena » ed essa merita pienamente questo titolo. Questa stella è di seconda grandezza e diventa altrettanto luminosa quanto le più belle dell'Orsa maggiore e tale può ognuno osservarla durante quindici giorni; poi essa decresce insensibilmente e diventa assolutamente invisibile ad occhio nudo. Voi la cerchereste invano per cinque intieri mesi. Poi la si vede riapparire e aumentare lentamente di splendore durante tre mesi per riascendere alla 2ª grandezza (1). Questa straordinaria variazione di luce si compie in 331 giorni. Ecco le date dei massimi attuali.

11 settembre 1879, 7 agosto 1880, 5 luglio 1881, 1 giugno 1882, verso il 28 aprile 1883 e verso il 25 marzo 1884.

Quando è nella sua pienezza questa stella è gialla: quando è piccola è rossastra. L'analisi spettrale mostra in essa uno spettro rigato del terzo tipo e quando il suo splendore decresce conserva tutte le righe brillanti principali ridotte a fili tenuissimi. La spiegazione la più plausibile di questa periodicità è d'ammettere che essa svolga periodicamente dei vapori analoghi alle

(1) La si indica generalmente come stella variabile dalla 2ª alla 12ª grandezza. È un errore. V'ha allato ad essa una piccola stella di 9ª grandezza e $\frac{1}{2}$, colla quale l'ho spesso confrontata. Mira non è mai diventata più piccola di quest' ultima. Il suo minimo è dunque 9ª $\frac{2}{10}$. Si trova questa stella sul nostro planisfero celeste, emisfero australe, a 2h 13m di ascensione retta e 3° di declinazione.

eruzioni osservate nella fotosfera solare. Invece di essere di 11 anni e appena sensibile, questa variazione del sole della Balena è di 331 giorni ed assai estesa. Si notano in essa delle oscillazioni e delle irregolarità analoghe a quelle che abbiamo avvertite nel Sole.

Di tutte le stelle variabili, questa è senza dubbio la più facile ad osservarsi, e son già quasi trecento anni ch'essa è conosciuta. Un'altra non meno singolare, e incomparabilmente più rapida, è β Perseo, od *Algol*, la quale nel breve periodo di 2 giorni, 20 ore, 40^m, 53^s, discende dalla 2ª alla 4ª grandezza e risale al suo primitivo splendore. Durante due giorni e 13 ore, lo splendore è costante, di seconda grandezza, poi comincia ad impallidire ed in 2 ore e 30 minuti si trova ridotta al di sotto della quarta grandezza; rimane in questo stato per cinque o sei minuti e poi ritorna al suo primiero stato in 3 ore e 30 minuti (1).

Vi sono nel Sagittario tre stelle variabili la cui periodicità è di sette giorni circa.

Parecchie altre stelle, δ della Libbra, *S* del Liocorno, *U* della Corona, λ del Toro, δ di Cefeo, offrono pure questa curiosa rapidità (da 2 a 5 giorni) nei loro periodi. Queste variazioni si possono seguire ad occhio nudo. Altre impiegano parecchie settimane: il maggior numero parecchî mesi; nessuna periodicità esattamente determinata raggiunge i due anni; in generale, più la periodicità è lunga, più è forte la variazione.

Un'altra stella, la *R* dell'Idra, ha un periodo in rapida diminuzione. Secondo le ricerche di Schönfeld, questo periodo era di:

500 giorni nel 1708
487 » » 1785
437 » » 1870

L'analogia ci porta a credere che, per un gran numero di esse, la variazione sia prodotta da una rotazione dell'astro sopra sè stesso. Parecchie spiegazioni dunque si presentano: 1.ª variazione reale prodotta nella fotosfera, analoga al periodo delle macchie solari, ma più intensa e più rapida; 2.ª ro-

---

(1) Una variazione così rapida e tanto caratterizzata, non può identificarsi con quella del periodo undecennale delle macchie solari, e la spiegazione più attendibile che si presenti, è di attribuirla, sia ad un movimento di rotazione di questo Sole sopra sè stesso, ammettendo che i suoi due emisferi sieno assai diversi per splendore, come lo sarebbe, per esempio, un Sole sul quale esistesse un continente oscuro; sia ad un'eclisse prodotto da un pianeta enorme girante intorno ad Algol nel piano del nostro raggio visuale. La prima ipotesi solleva l'objezione essere assai difficile l'ammettere che una cosiffatta macchia resti durante anni e secoli immobile sopra un Sole; la seconda ha contro di sè la rapidità del moto del pianeta, e infatti la stella doppia il cui periodo è il più breve, presenta ancora una rivoluzione di sette anni, e forse anche di quattordici. Nondimeno, tutto ben considerato, ci arresteremo a quest'ultima ipotesi circa codesta curiosa variabilità, tanto più, come abbiam visto indietro, che l'analisi spettrale mostra in essa non una stella del tipo delle variabili, ma uno spettro del primo tipo, ch'essa conserva sempre inalterato. Pertanto il Sole Algol si presenta al nostro spirito come centro di gravitazione di un sistema planetario in cui il mondo più voluminoso di certo, gira in 2 giorni e 21 ore; è presso a poco la rivoluzione del IV satellite di Saturno. S osservano in questo periodo delle irregolarità che possono derivare da perturbazioni planetarie; inoltre la rivoluzione sembra diminuire lentamente da due secoli da che la si osserva; essa ha diminuito di 6 secondi dall'ultimo secolo.

tazione dell'astro stesso i cui diversi meridiani conserverebbero per lunghi anni enormi differenze di intensità luminosa; 3.ª circolazione di un anello nebuloso intorno all'astro; 4.ª eclissi prodotte dal passaggio di pianeti oscuri. Aggiungiamo che la natura, la quale non apre che un dito alla volta per lasciar sfuggire la verità di cui ha piene le mani, tiene certamente in serbo altre spiegazioni che ci verranno più tardi rivelate dai progressi della scienza.

In quanto alle stelle temporarie colle quali abbiamo cominciato questo studio, esse subiscono dei veri incendî; — incendî veduti a migliaja di miliardi di leghe di distanza!

E quali variazioni di luce! Vedete la stella *R* dello scudo di Sobieski: essa varia dalla 4ª alla 9ª grandezza, ossia di cinque ordini di splendore in 72 giorni: Mira Ceti dalla 2ª alla 9ª, 5, ossia di sette ordini e mezzo; χ del Cigno dalla 4ª alla 13ª ossia di nove ordini! Ecco dunque un sole che manda 4600 volte più di luce e di calore all'epoca del suo massimo che a quella del suo minimo! Quale imaginazione potrebbe indovinare il lavoro della natura in sistemi cosiffatti!

Ma queste sono variazioni rapide. Le stelle danno anche indizio di variazioni lente, secolari? Vediamo noi identicamente lo stesso cielo che vedevano i nostri padri? Certe stelle hanno esse diminuito di splendore dall'epoca in cui principiarono gli annali dell'Astronomia? Sarebbero ben anco alcune scomparse affatto dal cielo? Sono altre cresciute di splendore?... Sì, il cielo ci appare quale un immenso laboratorio da cui sono bandite l'inerzia e l'immobilità; nelle sue profondità non regna l'inazione, non la morte, ma la vita, immensa, universale, variata, sempre rinascente; le generazioni si succedono nel cielo come sulla Terra; i mondi, i soli, i sistemi nascono e muojono al par degli esseri, e se l'aspetto generale dell'Universo è quello della permanenza e della inalterabilità, ei pare così perchè la nostra vita è troppo effimera, e troppo esigua la nostra sfera di osservazione per concederci di apprezzare le cose nella loro realtà. La libellula che svolazza al di sopra delle acque nelle tepide giornate di luglio non sa che l'inverno esiste e non indovina che il sole tramonterà... Citiamo ora alcuni esempî di variazioni secolari osservate nel firmamento.

La più bella stella del nostro cielo, Sirio, sembra abbia subìto un notevole cambiamento di splendore, o per dir meglio, di colore. Seneca assicura che, al suo tempo, Sirio era più rosso di Marte; Tolomeo la qualifica pure come rossastra. Ognuno sa che questa splendida stella è attualmente così bianca, da tirar persino all'azzurro. A meno dunque di ammettere che gli antichi autori abbiano inteso di dire che Sirio è ardente, infiammato, fiammeggiante, come Marte, e con maggior intensità ancora, il suo colore dovrebbe essere stato più giallo, più ranciato, duemila anni fa che non ai nostri giorni.

Fig. 340. — Apparizione subìta della stella nuova del 1572, osservata da Tycho Brahé.

Ipparco diceva, centoventisette anni prima dell'èra nostra: « La stella del piede anteriore di Boote è bella e rimarchevole. » Oggidì non si vede più là veruna stella superiore alla 5ª grandezza; la più vicina, abbastanza brillante, è la stella ο dei Pesci, che è di 4ª grandezza, ma che era già registrata nel nastro dei Pesci nel catalogo di Ipparco, pubblicato da Tolomeo.

Nel III secolo prima di Cristo, Eratostene diceva, parlando delle stelle dello Scorpione: « Esse sono precedute dalla più bella di tutte, la brillante della branca boreale. » Se ha voluto dire, come pare, che la branca boreale dello Scorpione era la stella più vicina di questa costellazione, e, per conseguenza superiore ad Antares, essa sarebbe stata di 1ª grandezza, ed avrebbe subìto, immediatamente dopo l'epoca di Eratostene, una grande diminuzione di splendore, giacchè il catalogo d'Ipparco la nota già di 2ª (è la β della Libra), del pari che l'altra branca (α della Libra), ed esse sono sempre rimaste di poi presso a poco eguali.

La stella ζ dell'Aquila era di 3ª grandezza e mezza duemila anni sono, di 5ª al terzo secolo, di 6ª al sedicesimo; attualmente si qualifica di $5^a \frac{1}{2}$.

La stella χ dell'Aquario, sempre segnata di 4ª grandezza fino al secolo decimosesto, era di 5ª nel decimosettimo, ed oggi è di 6ª grandezza.

La stella 70ª dei Pesci, visibile ad occhio nudo al decimo secolo, e notata di 6ª grandezza nel diciassettesimo, fu notata di 8ª e della $9^a \frac{1}{2}$ alla fine dello scorso secolo; noi la vediamo attualmente di $7^a \frac{1}{2}$.

Polluce, altre volte meno brillante di Castore, è oggidì più luminoso.

La stella α dell'Orsa minore era altre volte inferiore a β; oggigiorno le è eguale, anzi piuttosto un po' superiore.

La stella α del Dragone, di 3ª grandezza e $\frac{1}{2}$, era di 2ª grandezza nel decimosesto e decimosettimo secolo.

La stella 22 del Cane maggiore, mancante nei cataloghi fino al secolo decimosettimo, è segnata di 4ª grandezza nel 1660, di 3ª e $\frac{1}{2}$ nel 1800, di 5ª nel 1840 e di 4ª nel 1870.

La stella 4969 del catalogo di Lalande, nella Balena, è di 4ª grandezza presso Ipparco, di 5ª in Ulugh Beigh, e di 6ª dal 1800 in poi.

Parecchie stelle appartenenti agli ultimi ordini sono scomparse.

Senza citarne altri, questi esempî bastano a darci un'idea dei mutamenti secolari che si compiono nei cieli. Se noi potessimo abbracciare uno spazio dieci, cento volte più vasto dei nostri duemila anni di osservazione, noi assisteremmo a metamorfosi ben altrimenti profonde. I Soli stessi non sono eterni. Benchè un intervallo di duemila anni o di sessanta generazioni umane non rappresenti che un momento rapido della storia universale, tuttavia parecchî Soli hanno in questo intervallo diminuito di splendore, altri sono fatti più luminosi, altri eziandio, fra i più deboli, sono scomparsi del tutto. Esiste

senza dubbio nello spazio un gran numero di Soli spenti, enormi palle nere intorno alle quali gravitano altre masse tenebrose nella invisibilità della notte infinita. La popolazione dei cieli ci offre un campo svariatissimo per mille produzioni incomparabilmente più varie di tutte quelle della natura terrestre.

La varietà degli esseri che popolano l'immenso Universo deve essere infinita. Non è da filosofo il pretendere di conoscere, dietro le condizioni del nostro pianeta, quelle assolute della vita. La cessazione dell'esistenza a 0° dipende unicamente dalla solidificazione dell'acqua, e il limite da zero a 45° della temperatura vitale terrestre dipende dallo stato dell'acqua. Se questo elemento non è il solo necessario e se la vita può essere connessa ad altri elementi, chi potrebbe fissarle un limite? chi potrebbe neppur affermare che essa non germogli anche sui Soli?

Noi non conosciamo essenzialmente nè lo spirito, nè la vita, nè la materia. Forse esistono delle sfere sulle quali gli uomini i più semplici, i più ignoranti e i più grossolani sentono, indovinano, veggono direttamente per intuizione, le soluzioni dei problemi di matematica trascendentale che nessun genio terrestre non ha ancora potuto risolvere, malgrado il calcolo differenziale e integrale.

Non è che allontanandoci dal luogo celeste in cui noi ci troviamo che possiamo formarci un'idea giusta dell'estensione della creazione; anzi, nelle nostre più lunghe escursioni stellari non abbiamo ancora che un'apparenza confusa della realtà sconosciuta. Ma stornando per alcuni istanti i nostri sguardi da questa Terra e dalla sua circoscrizione, noi impariamo almeno a giudicar meglio il suo valore e i suoi rapporti coll'insieme. È questa una condizione necessaria dei nostri progressi nella scienza del mondo. Si elevi dunque la nostra intelligenza al disopra delle false apparenze, prenda il suo slancio nei campi dei cieli e si svolga a misura che s'innoltra nella creazione senza limiti. Egli è coll'amplitudine dello sguardo, coll'elevatezza dell'occhio, coll'estensione dell'orizzonte, che si giudica del valor naturale di una regione: la formica non conosce nè il cielo nè la terra e non ha mai veduto che i granelli di polvere ch'essa ammonticchia; l'aquila volteggia nelle altitudini dell'aria e misura col suo sguardo le alte montagne come le pianure immense.

Ma noi noi abbiamo ancora visitato fin qui che dei Soli semplici come il nostro; l'ora è venuta di penetrare nel campo ancor più magnifico dei Soli multipli e colorati.

CAPITOLO VIII.

Le stelle doppie e multiple. — I Soli colorati. Mondi illuminati da parecchî Soli di differente colore.

Entro le profondità dei cieli, in mezzo ai varî astri che versano la loro luce silenziosa dall'alto delle regioni della notte stellata, l'occhio investigatore del telescopio ha scoperto delle stelle di un carattere particolare, che differiscono dalle stelle comuni pel loro aspetto, non che pel loro ufficio nell'Universo. Invece di essere semplici, come la maggior parte delle stelle del cielo, esse sono doppie, triple, quadruple, multiple. In luogo d'esser bianche, brillano sovente di una luce colorata, presentando nei loro strani accoppiamenti delle meravigliose associazioni di contrasti, nei quali l'occhio stupito vede sposarsi i fuochi dello smeraldo con quelli del rubino, quelli del topazio con quelli dello zaffiro, del diamante e della turchesia, e dell'opale coll'ametista, splendendo così di tutte le colorazioni dell'arcobaleno. Talvolta gli astri maravigliosi che formano queste coppie celesti riposano in seno all'infinito, fisse ed immobili, e da più di un secolo dacchè l'astronomo attento le contempla ed osserva, non hanno mutato la loro posizione relativa l'una rispetto all'altra: quali le ha sorprese lo sguardo scrutatore del paziente William Herschel cento anni fa, tali le ritroviamo ancora oggi. Talvolta al contrario i due astri associati gravitano uno intorno all'altro, il più debole intorno al più forte, cullati sull'ali dell'attrazione, come la Luna intorno alla Terra, e la Terra intorno al Sole: un certo numero di queste coppie ha già compiuto parecchie rivoluzioni complete sotto gli occhî stessi degli osservatori; le durate di queste rivoluzioni differiscono tra di loro ed offrono la più gran varietà, da alcuni anni solamente, fino a delle migliaja. Il nostro omeopatico calendario terrestre non estende il suo impero fino a quei lontani Universi; i nostri periodi effimeri, le nostre misure da formiche sono straniere a quelle grandezze; la Terra non è più il metro della creazione; le nostre ère le più sacre sono sconosciute in cielo.

Lo studio di questi sistemi stellari costituisce uno dei più vasti e grandiosi problemi dell'astronomia contemporanea. Ciascuna stella essendo un sole gigantesco fulgente per luce propria, focolare d'attrazione, di calore e di vita il problema proposto allo spirito umano da questi sistemi di Soli multipli è senza dubbio uno di quelli che possono più d'ogni altro confondere l'imaginazione, soggiogare il pensiero e commuovere il cuore stesso di un filosofo.

Abbiamo detto che un gran numero di stelle che sembrano semplici all'occhio nudo, diventano doppie allorchè si osservano al telescopio. Si distinguono allora due stelle in luogo di una sola. Se il telescopio non comporta che un debole ingrandimento, le due stelle sembrano toccarsi, ma esse si scostano a misura che aumenta l'ingrandimento.

Questa stella doppia diventa allora per lo spirito contemplatore un sistema di due Soli vicini, distanti però fra loro effettivamente milioni di leghe e giranti l'uno intorno all'altro in tempi che variano per ciascun sistema secondo le leggi della gravitazione universale. L'immensa distanza che ci divide da queste coppie celesti è la sola causa per cui l'occhio lasciato alla sua sola potenza non le discerne.

Le due stelle, sdoppiate nel telescopio, pajono ancora toccarsi, nonostante i milioni di leghe che realmente le separano, perchè esse sono lontane da noi dei trilioni, cioè a dire delle migliaja di miliardi di leghe (1).

Alcune stelle doppie sono state scoperte da parecchio tempo e formano dei sistemi abbastanza rapidi da aver potuto già compiere una o più rivoluzioni sotto i nostri occhî; altre non hanno percorso in cielo che una porzione della loro orbita, ma con un moto angolare bastevole da permettere di calcolare tutti gli elementi di queste orbite; altre, in grandissimo numero, non hanno descritto che un arco delle loro curve, insufficiente per calcolare l'orbita intera, ma bastante per affermare la natura orbitale del movimento; in certe coppie le componenti si muovono in linea retta in virtù d'uno spostamento parallatico comprovante che esse non sono associate fisicamente, e che non si trovarono riunite momentaneamente se non da una casualità di prospettiva.

V'hanno ancora altri sistemi più singolari, le cui componenti descrivono delle linee rette nello spazio, mentre son pur animate da un moto proprio comune, la qual cosa mi ha condotto a correggere delle orbite prematuramente

---

(1) Allorchè si dirige un istrumento verso una stella, e in luogo di questa sola stella se ne discerne un'altra affatto vicina ad essa, non è sempre certo che quella sia una stella doppia. Infatti lo spazio infinito è popolato di astri senza numero, disseminati a tutte le profondità della immensità. Non v'ha dunque motivo di meraviglia se, dirigendo un cannocchiale sopra una stella qualunque se ne scuoprono una o parecchie più piccole, situate dietro di quella, più lontane e ad una distanza tanto grande e anche più grande al di là di essa, quanto quella che la separa da noi. Alla stessa guisa, che in una vasta pianura, due alberi possono parerci fra loro a contatto, perchè si trovano l'uno dinanzi all'altro nel nostro raggio visuale, quantunque in realtà siano assai lontani fra loro; così nello spazio celeste due stelle possono trovarsi sopra un istesso raggio visuale e parere a contatto benchè infatti le separi un abisso. Quest' ultime sono coppie semplicemente ottiche e debbono la loro apparenza alla posizione delle due stelle sulla stessa linea prospettica. Per riconoscere se questa unione non è soltanto apparente, ma reale, è mestieri studiarla con attenzione. La probabilità che la copia stellare sia fisica, cioè reale, è tanto maggiore quanto più le componenti saranno vicine. Ma questa non sarebbe ancora una ragione sufficiente per ammettere la sua realtà Bisogna osservarla attentamente e per anni parecchi. Se le due stelle sono veramente associate, se esse formano un sistema, si trova che esse viaggiano di conserva nello spazio e che in generale ruotano l'una intorno all'altra. Esse sono unite fra loro dai legami dell' attrazione universale; esse hanno gli stessi destini. Se la riunione non fosse che apparente, si riconoscerebbe col tempo che i due astri così fortuitamente riuniti da un giuoco di prospettiva, non hanno nulla di comune l'uno coll'altro; i loro moti propri, essendo differenti, finirebbero, nel corso dei secoli, col separarli affatto.

supputate (come quella della 61ª Cigno) ed anche a conchiudere che questi Soli possono non già gravitare l'uno intorno all'altro, ma seguire delle linee rette rimanendo tuttavia obbedienti ad una forza che li domina e li conduce insieme attraverso lo spazio.

Nello stato attuale della scienza, noi conosciamo 819 gruppi in moto relativo accertato. Vi sono 558 sistemi orbitali certi o probabili, 317 gruppi prospettici, 17 sistemi fisici le cui componenti si spostano in linea retta, 23 sistemi ternarî, 32 tripli non ternarî formati da un sistema binario e da un componente ottico, ecc., ecc.

Affinchè il lettore possa rendersi conto della natura o della varietà di queste orbite, ho qui riuniti i sistemi che si sono potuti calcolare fino ad oggi, registrandoli in ordine di periodi crescenti; ve ne ha 35 che hanno percorso, dall'anno della loro scoperta, una porzione della loro orbita abbastanza considerevole perchè siasi potuto calcolare quest'orbita e determinarne il periodo.

Si vede che le durate delle rivoluzioni, già calcolate, si estendono da pochi anni fino a dieci secoli. Quantunque un po' tecnico, il seguente quadro comparativo è del più alto interesse.

QUADRO DELLE STELLE DOPPIE I CUI PERIODI SONO DETERMINATI.

STELLE	GRANDEZZE	COLORAZIONI	PERIODI	ANNI D'OSSERVAZIONE
δ Cavallo Minore.	4.5—5	Bianche	7 o 14 anni	28
3130 Σ Lira (ternaria) AB	7.4—11	Bianche	16	39
42 Chioma di Berenice	6—6	Bianche	25	53
8 Sestante	5.6 6.5	Bianche	33	26
ζ Ercole	3—6	Gialla o rossastra	34	98
3121 Σ Cancro	7.2—7.5	Bianca e gialla	39	48
η Corona boreale.	5.5—6.0	Giallo d'oro	40	99
2173 Σ Ofiuco	6—6	Gialle	45	51
Sirio	1—9	Bianche.	49 (?)	18
(527) Σ² Cavallo minore	7—8	Azzurrastra e bianca. . .	54	34
η Corona australe	5.5—5.5	Giallo d'oro	55	46
ζ Cancro (ternaria) AB.	5.5—6.2	Gialle	60	99
ζ Cancro (ternaria) AC.	5.5—6.6	Gialle	60	124
ξ Orsa maggiore	4—5	Gialla e cinerea.	60	99
(234) Σ² Orsa maggiore	7—7.8	Bianche	68	37
α Centauro.	1—2	Bianca e gialla	85	170
70 Ofiuco	4.5—6	Gialla e rosa	93	100
γ Corona boreale.	4—7	Gialla e purpurea	95	54
ξ Scorpione (ternaria) AB	5.0 - 5.2	Gialle	96	98
3062 Σ Cassiopea	6 5 7.5	Gialla e olivastra	104	98
ω Leone	6—7	Bianca e turchina. . . .	124	98
25 Cani da caccia	6 7	Bianca e turchina. . . .	124	53
ξ Boote	4.5 6.5	Gialla e rossa	127	98
γ Vergine	3 - 3	Gialle	175	162
4 Aquario	6—7	Gialle	184	97
o Eridano (ternaria) BC	9 5 - 10.5	Gialle	200	97
τ Ofiuco	5—6	Bianche	218	98
η Cassiopea.	4—7	Gialla e purpurea	222	101
44 Boote	5.3—6	Bianca e cinerea	261	98
μ Boote	6.5—8	Bianche	280	98
ε Cigno	3 6	Bianca e bleu	336	97
μ Dragone	5—5	Bianche	562	100
12 Lince (ternaria) AB	6 - 6.5	Bianca e rossastra. . . .	676	99
ζ Aquario	4—5.5	Bianca e verde	800	100
Castore	2 5—2.8	Bianche	100	161

Non v'ha spettacolo più imponente di quello di coteste rivoluzioni siderali. In taluni sistemi, la rivoluzione è compita in meno di un mezzo secolo; esempio: la coppia della stella η della Corona boreale, composta di due Soli d'oro, il cui ciclo è di 40 anni. In altri sistemi il periodo si avvicina al secolo, come in quello della 70ª d'Ofiuco, composto di un Sole giallo chiaro, e di un Sole roseo, che gravitano l'uno intorno all'altro in una rivoluzione di 93 anni. Il sistema ternario di ζ del Cancro si compone di tre Soli; il secondo gira intorno al primo in un ciclo di 58 anni, e il terzo intorno agli altri due in 600 anni, descrivendo delle epicicloidi che io ho scoperto al principio dell'anno 1874 e che m'avevano reso assai perplesso, al pari degli astronomi ai quali le aveva comunicate fin da quell'epoca.

Noi conosciamo finalmente dei sistemi, orbitali, come quelli di γ del Leone, della Lira, della Stella polare, il cui ciclo oltrepassa un migliajo e persino pa-

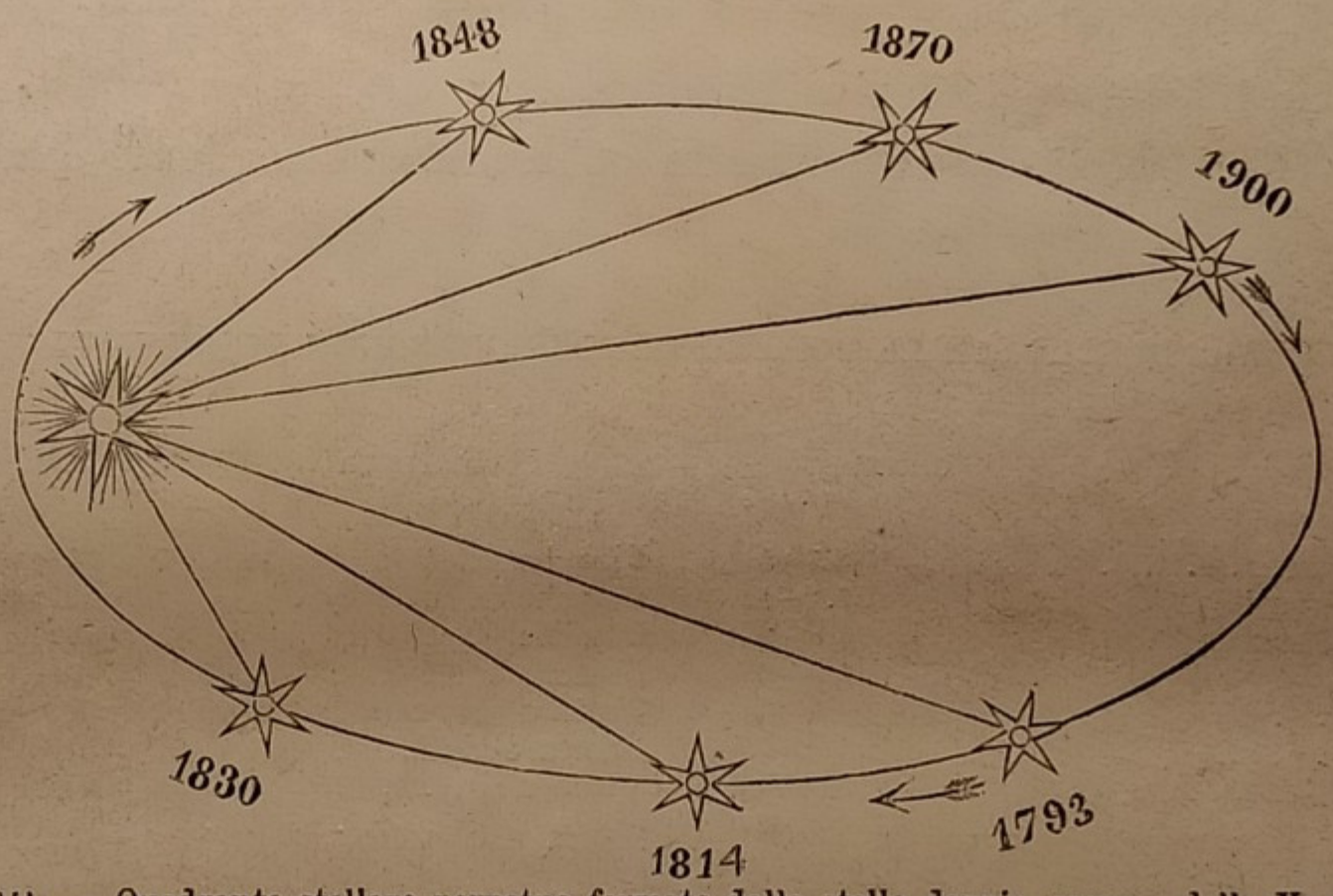


Fig. 341. — Quadrante stellare perpetuo formato dalla stella doppia *gamma* della Vergine.

recchie migliaja di anni. Altre camminano ancor più lentamente. Le stelle doppie pertanto sono altrettanti *quadranti stellari* sospesi nei cieli, che segnano senza tregua, nella loro silenziosa maestà, il cammino inesorabile del tempo, che scorre colassù al par di qui, e mostrando alla Terra, dal fondo della loro impenetrabile distanza, gli anni ed i secoli degli altri universi.

Nell'insieme dei sistemi di stelle doppie si nota una grande varietà di grandezze non che di distanze fra le componenti: parecchie coppie risultano di due Soli assolutamente eguali, mentre in altre il satellite è piccolissimo, e dà l'idea di un semplice pianeta ancora luminoso: è probabile che in quest'ultimo caso noi abbiamo sotto gli occhî dei veri sistemi planetarî. Così, il satellite di Sirio, scoperto fin dal 1844 dietro l'analisi delle perturbazioni osservate in questo grande astro, e nel 1862 pei progressi dell'ottica, potrebbe esser per Sirio quello che Giove è pel nostro Sole: non sarebbe neppur af-

fatto impossibile che fosse enorme ed oscuro, e non splendesse che per essere rischiarato dal suo abbagliante sole. Ma v'ha un gran numero di sistemi composti di due Soli disuguali. La maggior parte sono bianchi o gialli; ma noi ne conosciamo 130 nei quali i due Soli hanno colorazioni differenti, e, fra essi, 85 nei quali il contrasto è rimarchevole, il Sole principale, essendo ranciato e il secondario verde o turchino.

Si potrà farsi un concetto del moto annuo osservato e calcolato su sistemi rapidi dietro l'esame della figura 342, la quale mostra l'orbita apparente della

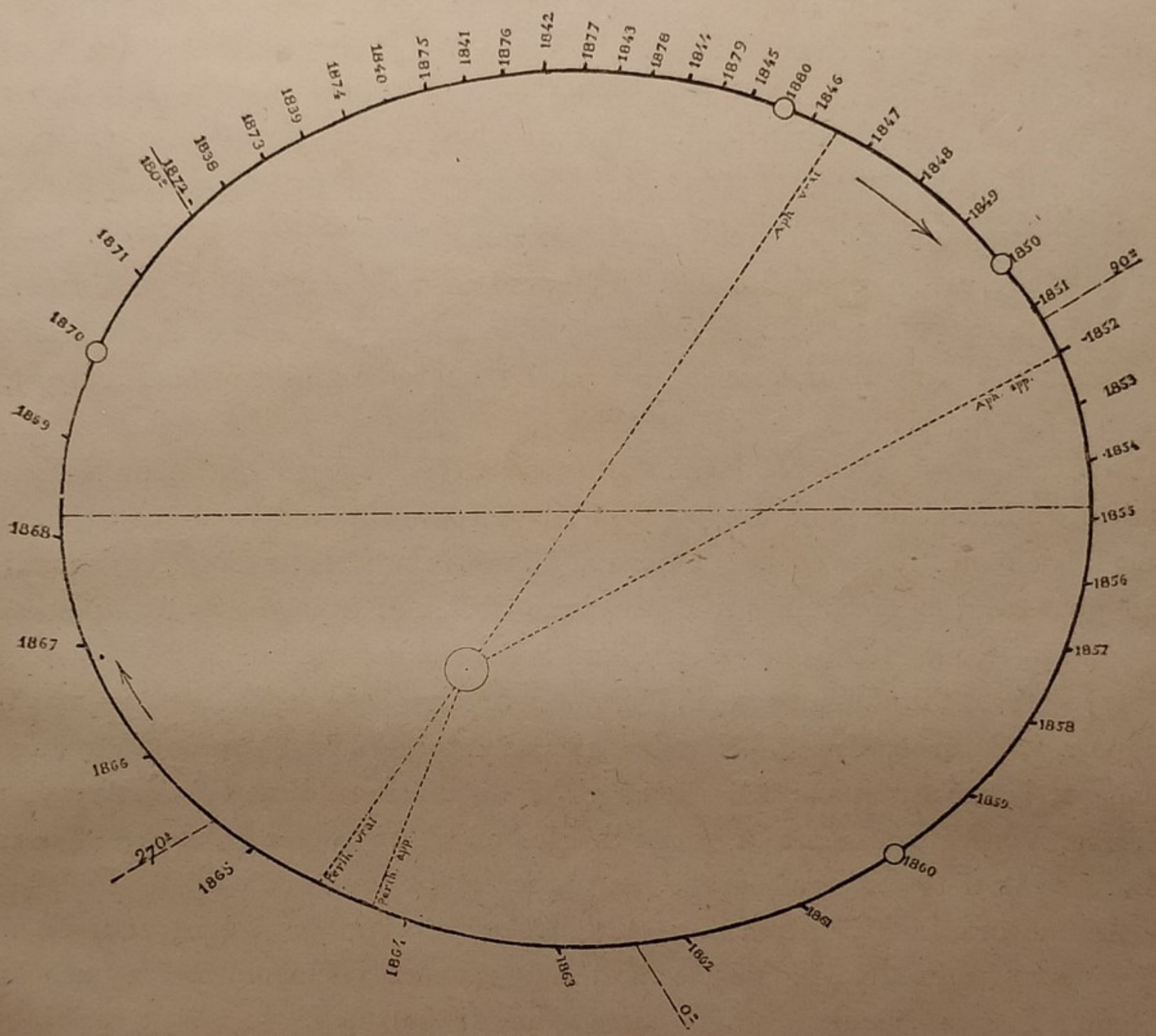


Fig. 342. — Orbita apparente della stella doppia ζ Ercole, quale si osserva dalla Terra.

stella doppia ζ Ercole quale noi la vediamo dalla Terra; è, fra le più rapide, quella che fu più sicuratamente determinata. La stella interna (*A*) essendo presa per centro di paragone, si determina la posizione della seconda (*B*) prendendo il nord per 0°, l'est essendo a 90°, il sud a 180° e l'ovest a 270°. Si vede per tal modo, che nel 1838 la seconda stella di questo sistema doppio era appena passata al sud della stella principale; seguite il suo cammino, e voi la vedete passare all'est nel 1851, al nord nel 1862, all'ovest nel 1865, ritornare al sud nel 1872; essa trovavasi nel 1880 verso 120°. Dopo la sua sco-

perta fatta da Herschel nel 1782, questa stella ha già fatto quasi tre rivoluzioni; il suo periodo è di 34 anni e mezzo.

Siccome noi vediamo questi moti in prospettiva, l'orbita così tracciata non rappresenta la vera forma del movimento visto di fronte; bisogna tener calcolo dell'inclinazione e rialzare l'orbita più o meno inclinata sul nostro raggio visuale per determinare l'orbita assoluta. Si trovano per tal modo tutte le specie di ellissi, dalla circolare fino alla più eccentrica.

Quale è la natura delle orbite descritte dai mondi appartenenti a codesti sistemi singolari? Questi pianeti ignorati girano essi intorno ai due Soli presi tutti insieme come centro, ed hanno essi per foco dei loro moti il centro di gravità di questi Soli gemelli, oppure ciascuno dei due Soli ha il suo proprio sistema planetario? Quest'ultimo caso dev'essere il più probabile e il più generale.

Nonostante la differenza essenziale che esiste fra questi sistemi e il nostro, noi possiamo tuttavia servirci della disposizione stessa di questo per indovinare la possibile disposizione di quelli. Di già, nel nostro sistema, un pianeta supera tutti gli altri pel suo volume, e senza dubbio anche pel suo calore intrinseco, e forma il centro di un piccolo sistema di quattro mondi che esso trasporta seco nella sua rivoluzione di undici anni intorno al Sole. Supponiamo che Giove, che è già 1240 volte più voluminoso della Terra, sia di un volume ancora più considerevole e splenda di luce turchina; questa sola supposizione modifica il nostro sistema planetario al punto da creare tre specie di mondi 1.° quattro globi (i satelliti di Giove), uno dei quali è più grosso del pianeta Mercurio, rischiarati e governati da un Sole primario turchino, e riceventi nel tempo stesso l'illuminazione più lontana del nostro Sole attuale; 2.° tre mondi immensi, Saturno, Urano e Nettuno, giranti intorno ad un doppio Sole, l'uno bianco, l'altro turchino; 3.° quattro globi di mezzana dimensione, Marte, la Terra, Venere e Mercurio, roteanti in giro ad un Sole bianco, ma rischiarati durante la notte, a certe epoche, da un secondo Sole turchino.

Diamo ora al *Sole* una luce rossa, e noi riproduciamo così uno dei tipi più frequenti fra le stelle doppie colorate di tinte complementari. Tentiamo di renderci conto di questa strana successione di fenomeni.

Innanzi tutto, non v'ha più notte per alcun punto del nostro globo: mentre il Sole rosso illumina un lato della Terra, il Sole turchino illumina l'altro, v'ha così giorno rosso sopra un emisfero e giorno bleu per l'altro, e tutti i meridiani del globo vengono a passare successivamente, nel periodo di ventiquattr'ore, attraverso queste due specie di giorno, che distribuiscono a tutti i paesi *dodici ore di rosso* e *dodici ore di giorno turchino,* senza notte.

Ma il nostro Sole turchino non rimanendo immobile nello spazio, circola esso medesimo lentamente attorno al Sole rosso. In breve si leva prima che l'altro tramonti, e appare sull'orizzonte orientale quando il celeste rubino

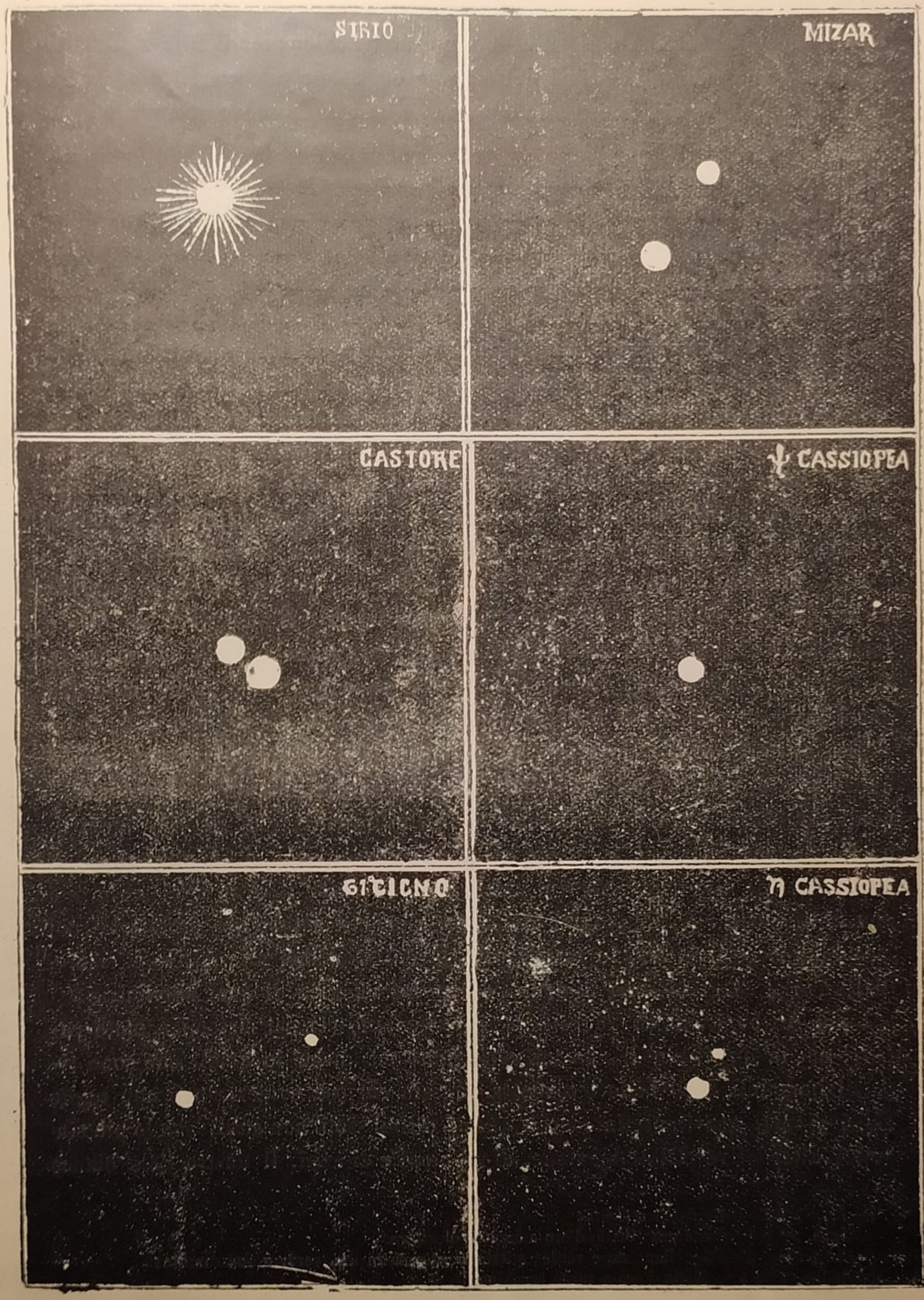


Fig. 323. — Aspetto di alcuni tipi di stelle doppie.

non è ancora spento. Allora succede il giorno turchino; ma il Sole zaffiro tramontando alla sua volta prima del sorgere del Sole rivale scarlatto, si ha una notte di pochi istanti, adorna da due aurore boreali di nuovo genere: una rossastra all'est, l'altra turchiniccia all'ovest. La durata di questa notte aumenta di giorno in giorno e nel medesimo tempo anche quella del duplice giorno illuminato da entrambi i Soli a una volta, *le ore turchine* e *le ore rosse* diminuendo nella stessa proporzione. Alla fine, ed all'epoca che corrisponde alla congiunzione di Giove, il Sole bleu si avvicina al Sole rosso, e non v'ha più nè di rosso nè di bleu, ma un doppio giorno seguìto da una notte completa. La luce del doppio giorno è naturalmente formata dalla riunione dei colori dei due Soli; essa è *violetta,* ma potrebbe essere bianca affatto, se questi colori fossero complementarî. Trasportato sempre dal suo moto proprio, il Sole secondario passa all'ovest del primo, e produce ben tosto dei mattini azzurri, seguìti da un giorno violetto o bianco, da un tramonto rosso e da una notte che va diventando sempre più breve, fino a che il Sole bleu ritorni in opposizione, come l'abbiam collocato al principio di questa descrizione.

Nella maggior parte dei sistemi di stelle doppie, la stella piccola gira intorno alla più grande, non in un cerchio, ma descrivendo un'ellisse molto allungata. La stabilità del sistema vuole che questa piccola stella non si avvicini troppo alla grande; giacchè in questo caso, supponendo, com'è naturale, che i pianeti circolino nel medesimo piano della stella stessa, essi potrebbero venire attratti dal Sole centrale al momento del passaggio al perielio, ed abbandonare il loro Sole primitivo, con grande jattura de' loro abitanti, i quali sarebbero senza dubbio morti di caldo innanzi che gli astronomi di quelle regioni avessero potuto constatare regolarmente quella diserzione. È indispensabile che questi sistemi sieno molto serrati intorno a ciascuno dei due Soli, e che i docili pianeti gravitino, vincolati sotto l'ala protettrice del loro Sole rispettivo. Ma, in tutti i casi, le più singolari alternative di calore, di luce e di stagioni sono la conseguenza cosmologica di quei movimenti.

I più bei contrasti di colore non si presentano (1) nei sistemi a moto rapido, ma in quelli che hanno un moto lento ed anche in quelli che sono rimasti immobili dopo la loro scoperta. Questa curiosa osservazione non toglie che i pianeti gravitanti intorno a questi ultimi Soli non subiscano le più singolari alternative d'illuminazione, di stagioni e di anni. Il nostro Sole bianco

---

(1) *Le più belle stelle doppie colorate:*
β Cigno. 3.ª e 5.ª grandezza: Giallo d'oro e azzurro di zaffiro.
γ Andromeda. 3.ª e 5.ª: Ranciata e verde; questa si sdoppia in una verde e una turchina.
γ Delfino. 4.ª e 5.ª: Giallo d'oro e verde turchino.
α Ercole. 3.ª e 6.ª: Giallo ranciato e bleu di mare.
α Levrieri. 3.ª e 5.ª: Oro e violetto.
ε Boote. 3.ª e 6.ª: Topazio e smeraldo.
Antares. 1.ª e 7.ª: Ranciato e verde chiaro.

e solitario, il nostro sistema solare costituito da un unico focolajo, intorno al quale gravitano dei mondi fedeli alle loro orbite regolari, non costituisce il tipo ed il modello della creazione universale. I Soli multipli che noi qui studiamo, ora uniscono i loro colori, ora li oppongono l'uno all'altro, ora li alternano successivamente in uno stesso ciclo, Soli di volumi e di masse differenti, che agiscono spesso in direzioni contrarie, sformando le strane orbite dei mondi sconosciuti che gravitano sotto la loro influenza. Nessun spettacolo può uguagliare in magnificenza quello che ci offre la contemplazione telescopica di questi Soli singolari. Allorchè durante la notte silenziosa, durante il sonno della natura terrestre, in quelle ore notturne nelle quali l'umanità che ci circonda è addormentata in una morte anticipata, i nostri sguardi e il nostro pensiero si elevano, per mezzo del maraviglioso telescopio, verso quelle luci celesti che sono là accese per altri mondi e irradiano intorno a sè il calore, l'attività e la vita, il contrasto è tanto grande che si crede di sognare. Qui la notte, lassù la luce; qui la letargìa, là in alto il moto; qui l'ombra, là lo splendore; qui la pesante e oscura materia, colassù la fiamma divoratrice e la vita siderale. Quant'è mai meschino il nostro Sole, a paragone de' suoi grandi fratelli, di quei suoi primogeniti dello spazio! Quanto è miserabile il nostro mondo a confronto di quelli che vogano colà, in alto, lontano, sulle ali rapide e molteplici di una cosiffatta attrazione! Quali ore deliziose passerebbero gli spiriti pensanti e le anime curiose, dirizzando un telescopio verso i cieli, se gli uomini più istrutti, se le donne del mondo le più educate non ignorassero le verità le più elementari dell'astronomia, e non vivessero circolando sempre in un istesso cerchio più o meno monotono, senza sospettare le meraviglie che la divina Natura tiene in serbo per coloro che la intendono.

E che diremmo noi dei sistemi dei Soli tripli e quadrupli i cui mondi non conoscono notte, dove l'astronomia non ha potuto nascere, poichè non vi si vede mai cielo stellato, e i cui abitatori non conoscono il sonno?

Vi sono, senza dubbio, degli occhî umani che laggiù contemplano ogni giorno simili singolarità! Chi sa! e se la cosa è probabile, non vi concedono senza dubbio che una mediocre attenzione, e avvezzi fin da bambini allo stesso spettacolo, non apprezzano il valore pittoresco del loro soggiorno. Gli uomini sono così fatti: soltanto il nuovo, l'inatteso li tocca; in quanto al naturale, sembra che questo sia uno stato eterno, necessario, casuale della cieca natura, che non valga la pena di essere osservato. Se gli uomini di laggiù venissero fra noi, pur riconoscendo la semplicità del nostro piccolo Universo, non tralascerebbero tuttavia dall'osservarlo con sorpresa e di stupirsi della nostra indifferenza.

CAPITOLO IX.

I moti proprî delle stelle.
Traslazione di tutti i Soli e di tutti i mondi attraverso l'immensità infinita.
Metamorfosi secolare dei cieli.

Le idee che noi abbiamo avuto fino adesso sulle stelle e sul cielo, debbono ormai subire una completa trasformazione, una effettiva trasfigurazione. *Non vi sono più stelle fisse.* Ognuno di questi soli lontani accesi nell' infinito è trasportato da moti immensi, che la nostra imaginazione può a mala pena concepire. Malgrado i trilioni di leghe che ci dividono da questi Soli, e che li riducono per la nostra vista a piccoli punti luminosi (benchè siano altrettanto voluminosi quanto il nostro proprio Sole, e sieno migliaja e milioni di volte più grossi della Terra), il telescopio e il calcolo se ne impadronirono e accertarono ch'essi sono tutti in cammino, in tutte le direzioni possibili. Il cielo non è più immutabile; le costellazioni non ci rappresenteranno più il simbolo dell'ordine assoluto e indistruttibile; lo spettacolo della notte stellata non ci mostrerà più il riposo e l'inerzia. No; tutte queste stelle sono dei soli ardenti, focolari di calore e di luce, laboratorî di combustioni inaudite, fiaccole di umanità viaggianti, che senza tregua lanciano intorno a sè i fiotti di una luce inesauribile, distribuiscono gli effluvî della vita ai pianeti che li attorniano, e che si muovono rapidamente nello spazio, traendo seco i sistemi di cui costituiscono i centri di gravità.

Questi formidabili movimenti non sono visibili da qui che per mezzo di minuscoli spostamenti di stelle che si misurano a frazioni di secondo d'arco.

Intende bene il lettore l'esiguità di questa misura? Ricordiamo che un secondo è la 60ª parte di un minuto, il quale è alla sua volta la 60ª parte di un grado, che è la 360ª parte di un circolo massimo che fa il giro della sfera celeste. Per proporre un confronto, il Sole e la Luna ci si presentano sotto la forma di dischi che misurano in media 31 minuti di diametro; questi 31 minuti fanno 1860 secondi. Dunque lo spostamento di una stella il cui moto proprio fosse di un secondo intero all'anno, non sarebbe che la 1860ª parte del diametro apparente del Sole. In altre parole occorrerebbero 1860 anni alla stella per spostarsi di questa quantità. Siccome i moti proprî della maggior

parte delle stelle non arrivano nemmeno ad un secondo d'arco in un anno, si vede che, dal tempo di Gesù Cristo e di Tiberio, esse non hanno compito neppure quel breve tragitto. Un certo numero di stelle sono animate da moti più rapidi, che giungono a parecchî secondi; ma, anche per queste eccezioni, è chiaro che, relativamente alle nostre misure giornaliere, questi movimenti sono ancora infinitamente piccoli per i nostri occhî, quantunque siano infinitamente grandi nel fatto. Si potrebbero chiamare microscopici e telescopici ad un tempo.

Quanto grande dev'essere, tuttavia, la velocità di siffatte traslazioni, perchè noi possiamo accorgercene da qui, lontani come ne siam noi da parecchî trilioni di leghe. Se prendiamo un esempio, puta Arturo, il cui moto proprio è quasi di 3″ all'anno, noi troviamo che la sua velocità attraverso lo spazio non è inferiore a 1 800 000 leghe al giorno. E gli occorrono 800 anni per presentarci uno spostamento uguale in lunghezza al diametro apparente della Luna e del Sole! Noi ci troviamo a 61 trilioni e 600 miliardi di leghe di distanza da questa stella; il cammino ch'essa percorre in linea retta durante un anno, in ragione di 1 800 000 leghe al giorno, rimarrebbe nascosto per noi dalla larghezza di un filo di un millimetro di grossezza, teso a 68 metri di distanza dal nostro occhio.

La stella più rimarchevole del cielo intero è, sotto questo punto di vista, una stellina di 7ª grandezza, vale a dire invisibile ad occhio nudo, la quale non ha un nome proprio, ed è designata sotto un semplice numero d'ordine. Essa porta il N. 1830 del catalogo di Groombridge, ed è conosciuta sotto questa modestissima indicazione. È una piccola stella dell'Orsa maggiore, situata a $11^h\ 45^m$ di ascensione retta, e 51° 21′ di distanza polare (38° 39′ declinazione nord; si trova nel nostro planisfero); essa manifesta annualmente il più grande spostamento che siasi osservato. La sua variazione annua è di 7″.

Se noi valutiamo questo movimento dietro la misura che abbiamo or ora impiegata, vediamo che, per spostarsi in cielo di una quantità eguale alla larghezza apparente del Sole, le abbisognano 255 anni. Questo moto è tanto rapido, che arriva fino a 7 milioni di leghe al giorno. È una velocità più di 10 volte superiore a quella della Terra nella sua orbita, giacchè il nostro pianeta viaggia intorno al Sole, in ragione di 65 mila leghe al giorno. — La distanza di questa stella è di 33 trilioni e 770 miliardi di leghe (la lega = 4 chilometri).

Ecco dunque una stella perduta fra le miriadi di Soli che popolano l'estensione, e che è trasportata nello spazio da una forza prodigiosa così da farle varcare in un anno non meno di un *miliardo* di leghe; e questa linea di un miliardo di leghe, veduta di faccia, non può essere verificata da qui che

mercè misure micrometriche le più diligenti e minuziose! Ecco la bella stella Arturo che voga in cielo con una velocità di 660 milioni di leghe in un anno, e da mille, duemila, tremila anni e più da che la si osserva e se ne segna il posto sulle carte astronomiche, essa non sembra essersi mossa! E queste non sono ancora le velocità esatte dei corpi celesti. Perchè queste misure fossero assolute, occorrerebbe che la strada percorsa dalla stella osservata fosse vista di fronte, cioè che fosse perpendicolare al raggio visuale che va da noi alla stella. Nulla prova che sia questa la direzione assoluta di questa strada, ed è anzi molto probabile che non sia così. Qualunque sia il cammino assoluto di un astro, noi non ne vediamo che la projezione sulla sfera apparente del cielo.

Fra le stelle di prima grandezza che sono animate da moto proprio superiore alla media generale, noi troviamo, dopo Arturo, le due belle stelle Procione e Sirio. Il moto proprio della prima è press'a poco la metà di quello di Arturo, e misura 1″,27. Quello di Sirio è di 1″,34. Del resto, è un fatto accertato dall'osservazione che certe stelle discretamente lontane fra loro formano delle vere correnti, che le trasportano in un'istessa direzione.

In mezzo alla varietà dei pmoti prorî di tutte le stelle, si nota un effetto generale che tende ad allontanarle da un punto situato nella costellazione di Ercole, secondo le freccie segnate sulla nostra carta, e a dirigerle verso il punto opposto situato nell'emisfero australe. Questo moto generale prospettico, di cui abbiamo già parlato, prova che il nostro stesso sistema solare, come già fu detto, viaggia nello spazio e si dirige verso il punto indicato. Dietro i lavori degli astronomi che dopo William Herschel si sono dedicati a questa analisi complicata, il punto del cielo verso cui noi ci dirigiamo è situato nella posizione seguente:

Ascens. retta = $17^h\ 17^m$; declinaz. = $+55°\ 23'$.

Uno dei risultati più singolari e più meravigliosi di questi moti stellari è quello di modificare lentamente, inesorabilmente, l'aspetto delle costellazioni, e di produrre quel che potremmo chiamare la dislocazione dei cieli.

Osservate, per esempio, l'Orsa maggiore; ognuna delle stelle che la compongono è trasportata da un moto individuale. Ne risulta che coll'andar dei secoli questa figura cambierà di forma. Attualmente essa ricorda l'abbozzo di un carro, e questa rassomiglianza le ha fatto dare il nome popolare di *Carro*. Le quattro stelle disposte in quadrilatero si suppongono indicare il posto delle ruote, e le tre che le precedono segnano il posto dei cavalli e il timone. Ora, il moto proprio muterà questa disposizione; tirerà indietro il primo cavallo mentre spingerà innanzi gli altri due. Delle due ruote posteriori una sarà tratta da una banda, l'altra dall'altra. Conoscendo il valore annuale

dello spostamento di ciascuna delle sette stelle, si può calcolare la loro rispettiva posizione futura. Ecco i curiosi risultati a cui conducono questi calcoli.

Sul piccolo disegno qui vicino, le freccie indicano la direzione nella quale si muove ciascuna di queste stelle. Si vede che, di esse sette, la prima e l'ultima, Alfa ed Ita, si dirigono in un verso opposto. Inoltre la velocità non è la stessa per tutte.

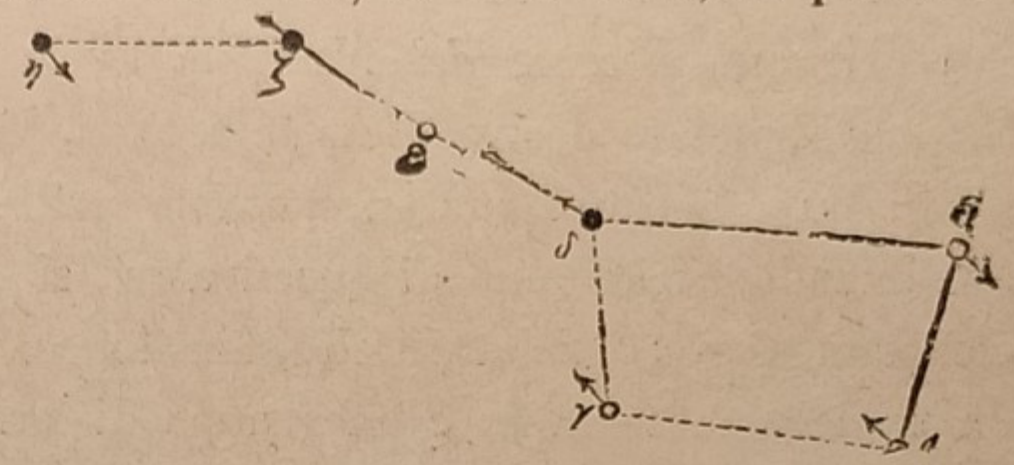


Fig. 344. — Le sette stelle dell'Orsa maggiore: nel loro stato attuale.

In virtù di questi movimenti proprî, le distanze relative di questi astri cambiano col tempo. Ma siccome il cambiamento non è che di qualche secondo in un secolo, occorrono ben dei secoli perchè il divario giunga ad essere apprezzabile all'occhio nudo. Le nostre generazioni umane, le nostre dinastie, le nostre stesse nazioni, non vivono abbastanza a lungo per questa misura. Si tratta qui di quantità astronomiche, e per apprezzarle bisogna scegliere dei termini che loro corrispondano. Supponiamo cinquantamila anni; in questo intervallo, che non è tuttavia enorme nella storia degli astri, poichè la piccola Terra su cui siamo noi, data essa sola da parecchî *milioni* di anni, tutte le costellazioni sono modificate.

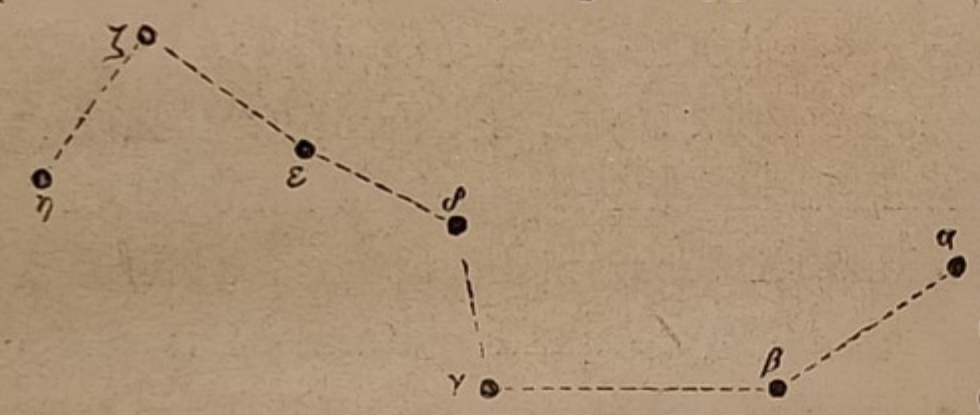


Fig. 345. — L'Orsa maggiore fra cinquantamila anni

Il disegno qui sopra (fig. 345) indica il risultato geometrico del calcolo per cinquantamila anni. Si vede che l'Orsa avrà perduto il suo aspetto attuale. Indarno si cercherebbe traccia di un carro in questa nuova figura. Le sette stelle si saranno distribuite lungo una linea spezzata, poichè Alfa sarà discesa alla destra di Beta, ed Ita all'altra estremità sarà discesa sotto Zita.

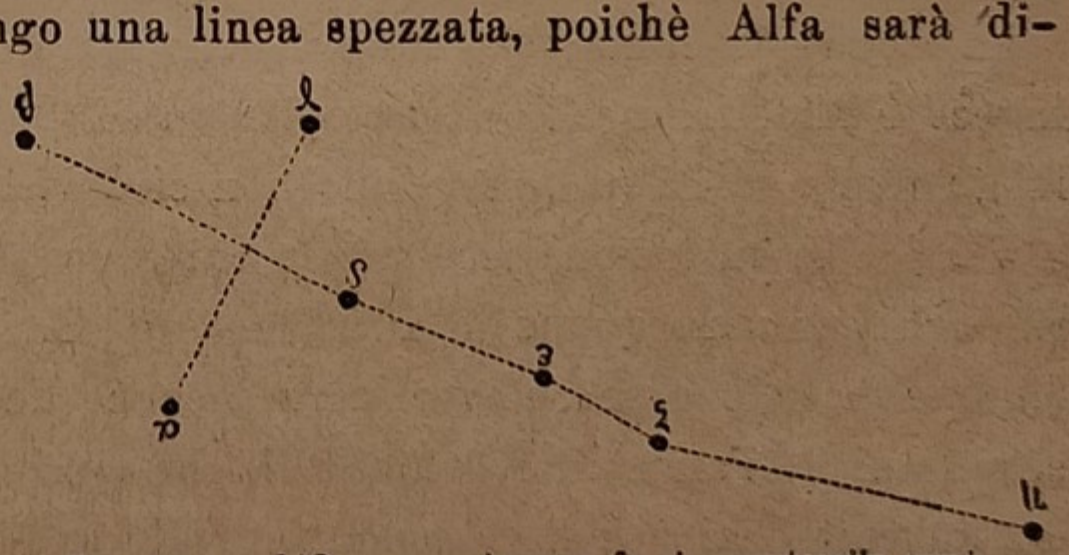


Fig. 346. — L'Orsa maggiore or fa cinquantamila anni.

Vedendo quale alterazione avrà subìto questa costellazione nei secoli futuri, si può anche chiedere da quanto tempo essa ha la forma sotto cui la conosciamo, e quale aspetto offriva nei secoli passati. Per trovare la posizione di ciascuna di queste sette stelle cinquantamila anni fa, basta portarle indietro della stessa quantità di cui sono state spinte innanzi nella direzione del loro moto nell'esempio precedente. Questo calcolo dà una figura tutta diversa, che per nulla rassomiglia alla prima nè alla seconda. Cinquantamila anni addietro

queste stelle erano allineate in modo da formare una vera *croce*, più precisa e anche forse più bella della Croce del sud, che brilla attualmente presso il polo australe, e che anch'essa si sforma, del resto tanto rapidamente, che fra cinquantamila anni le sue quattro braccia saranno completamente dislocate. In questa *croce del Nord*, la stella Alfa α formava il lato sinistro, Gamma γ, il lato destro, Beta β, la testa, Delta δ, Epsilon ε e Zita ζ, il montante. Ita η non era pur anco giunta nell'assemblea delle altre sei. Del resto, analizzando il cammino di questi astri, si giunge a convincersi che le cinque compagne Beta, Gamma, Delta, Epsilon e Zita sono associate nel loro destino da un legame comune; è un gruppo di amiche: esse camminano di comune accordo, e conservano, come si può vedere, la stessa posizione l'una rispetto all'altra, laddove Alfa da una parte e Ita dall'altra sono due... intruse che trovansi far parte attualmente dell'associazione, ma che le sono affatto straniere.

Se l'Orsa maggiore è la più caratteristica e la più universalmente conosciuta fra le costellazioni del nord, Orione è senza contrasto la più bella delle costellazioni del sud e del cielo intero. Curioso di sapere quali trasformazioni saranno indotte dai moti proprî delle stelle, nei secoli futuri, nell'aspetto di questo asterismo, non che nella rispettiva posizione delle tre belle stelle che lo circondano, Sirio, Procione, Aldebaran, ho operato a loro riguardo come per l'Orsa maggiore ed ho calcolato quali mutamenti il tempo condurrà nella posizione rispettiva di queste stelle.

La figura 347 mostra lo stato attuale della costellazione d'Orione, colla posizione e la distanza rispettiva di Sirio, Aldebaran e Procione. Una piccola freccia annessa a ciascuna stella indica la direzione del suo moto. La fig. 348 rappresenta la posizione di queste stelle da qui a cinquantamila anni.

La mitologia ci rappresentava Orione corrente dietro le Plejadi ed il Toro. Invece è Aldebaran che si precipita verso Orione. I *Tre Re* non rimarranno lungo tempo uniti (del resto, ciò non si è visto mai).

Ma, fra le variazioni secolari da cui sono affette queste stelle, le due più rimarchevoli sono quelle di Procione e di Sirio; Procione, attualmente tanto lontano da Orione, se ne avvicinerà a segno da giungere a farne parte, e gli astronomi dall'anno 51 879 all'81 879 lo considereranno come appartenente a questa costellazione; ne formerà l'angolo sud-est, e congiunto per una linea ideale a Betelgeusa e a Rigel, rappresenterà assai meglio delle stella χ, la gamba destra del Gigante. Trascinato da un moto proprio meno considerevole di quello di Procione, Sirio verrà a collocarsi al piede di Orione, e parrà allungare ancora questa figura già così gigantesca. Il Cane minore corre dietro al Cane maggiore, ma non lo raggiungerà mai, perchè questo fugge pur esso di secolo in secolo in una direzione obliqua alla precedente. Si vede

quali saranno le posizioni rispettive di queste dodici stelle fra cinquantamila anni, salvo tuttavia ogni impreveduta diversa combinazione.

Tutte le stelle pertanto sono in movimento (1). « Delle cause numerose, incessanti, che fanno variare le posizioni relativo, lo splendore delle varie regioni del cielo, e l'aspetto generale delle costellazioni, possono, — diremo anche noi come Humboldt, — imprimere, dopo migliaja e migliaja d'anni, un carattere nuovo affatto all'aspetto grandioso e pittoresco della vòlta stellata. Oltre a questa causa, bisognerebbe aggiunger qui la sùbita comparsa di stelle nuove, l'affievolimento, ben anche l'estinzione di alcune stelle antiche. Non dimentichiamo anche i mutamenti che subisce la direzione dell'asse terrestre in conseguenza dell'azione combinata del Sole e della Luna. Verrà un giorno in cui le brillanti costellazioni del Centauro e della Croce del Sud saranno visibili nelle nostre latitudini boreali, mentre altre stelle (Sirio ed il

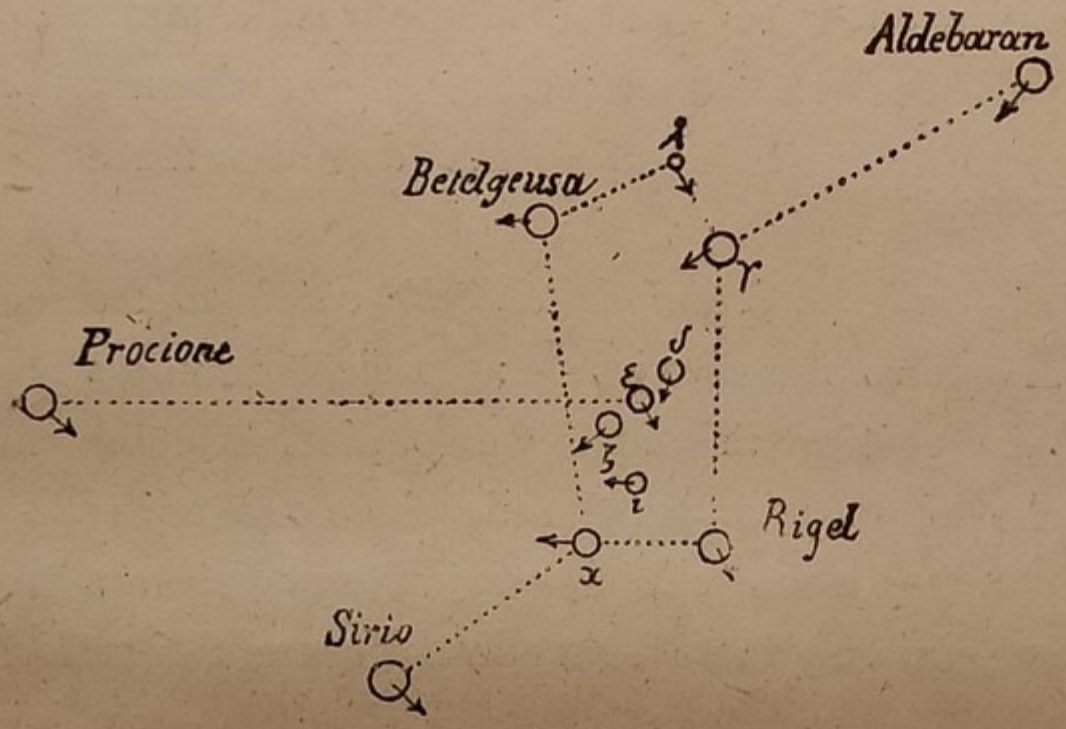


Fig. 347. — La costellazione di Orione nel suo stato presente.

Fig. 348. — La costellazione di Orione fra cinquantamila anni.

Cinto d'Orione) non appariranno più sull'orizzonte. Le stelle di Cefeo (γ ed ε) e del Cigno (δ) serviranno successivamente a riconoscere in cielo la posizione del polo nord; e fra dodicimila anni la stella polare sarà Vega della Lira, la più magnifica fra tutte quelle a cui possa toccare quest'ufficio. Queste considerazioni rendono in qualche modo sensibile la grandezza di codesti movimenti, i quali procedono con lentezza, ma senza la più lieve interruzione, e i cui vasti periodi formano quasi un orologio eterno dell'Universo. Suppo-

---

(1) Quale strano spettacolo sarebbe mai il cielo per noi se ad un tratto il nostro occhio acquistasse una potenza appena 1000 volte maggiore di quella di un buon telescopio: il firmamento diventerebbe un vero formicajo, non solo, ma una lastra — per modo di dire — convessa tutta quanta luminosa. Avete mai osservato in un pezzo di carta acceso e poi tosto spento, quella moltitudine di puntini ancora incandescenti che scorrono in tutte le direzioni sul fondo nero della carta carbonizzata? È questo un debolissimo paragone coll'aspetto che il cielo presenterebbe, salvo che il fondo del cielo sarebbe ancora chiaro per la luce diffusa.
IL TRAD.

niamo per un istante che ciò che non può essere che un sogno della nostra imaginazione, si realizzi, che la nostra vista, oltrepassando i limiti della visione telescopica, acquisti una potenza sopranaturale, che le nostre sensazioni della durata ci permettano di comprendere e di abbracciare, per dir così, i più grandi intervalli di tempo: tosto scompare l'apparente immobilità che regna nella vòlta dei cieli. Le stelle innumerevoli sono trascinate come turbini di polvere in direzioni opposte, le nebulose erranti si condensano e si dissolvono, la via lattea si divide qua e là come un'immensa cintura che si squarciasse in brandelli; dappertutto regna il movimento negli spazî celesti a quella guisa che domina sulla Terra nella vita degli animali e degli uomini. »

Come la polvere delle nostre strade, i turbini di stelle si sollevano lungo le strade del cielo. È una vita immensa, un perpetuo formicolìo, la mente che potesse fare astrazione del tempo, cesserebbe di contemplare durante una notte silenziosa un cielo inerte ed immobile, ma vedrebbe al suo posto delle miriadi di soli ardenti, lanciati in tutte le direzioni dell'immensità, seminando nell'infinito le forme moltiplicate di una vitalità universale ed inestinguibile.

La conoscenza del moto proprio delle stelle trasforma assolutamente le nostre idee abituali sulla immobilità dei cieli.

Tutti questi moti proprî *dedotti dalle posizioni delle Stelle catalogate*, sono necessariamente perpendicolari al nostro raggio visuale; ma siccome non v'ha alcuna probabilità che le stelle si spostino in questo verso piuttosto che in tutti gli altri possibili, è certo che la maggior parte delle linee che noi tracciamo dietro le nostre osservazioni, non sono che la projezione di cammini obliqui. A nostra insaputa noi imaginiamo tutte le stelle collocate alla stessa distanza da noi, come punti luminosi sotto una vòlta; noi riferiamo tutti i movimenti osservati a linee tracciate sopra una stessa superficie sferica e coincidente con quella vòlta; le nostre strade così tracciate sono per conseguenza in tutti i casi in cui il cammino effettivo della stella non è parallelo alla vòlta celeste, più piccole della strada effettiva. La figura 349 presenta e spiega tutte queste projezioni, a norma dell'obliquità della linea percorsa dalla stella.

Si può sapere se una stella segue esattamente una trajettoria parallela alla vòlta del cielo, o se, descrivendo una obliqua di cui non vediamo che la projezione, essa si allontana o si avvicina alla Terra? Data anche una stella che ci sembra assolutamente immobile, esiste un mezzo per iscoprire se essa è in moto nella direzione del raggio visuale, e in questo caso, se si allontana o si avvicina alla Terra?

Colui che una volta avesse posta una simile questione, non avrebbe avuto per risposta che un sorriso di compatimento. Tuttavia la scienza umana ha testè fatto sull'infinito questa nuova conquista. Non solamente possiamo, malgrado la loro esiguità e la loro impercettibilità, verificare e misurare gli spo-

stamenti delle stelle nel cielo, ma ci è altresì possibile di verificare e di misurare il loro moto di avvicinamento e di allontanamento, anche quando è diretto nel verso del raggio visuale e non si manifesta per veruno spostamento nelle osservazioni astronomiche!

Il metodo impiegato per giungere a siffatte determinazioni, non ha alcun rapporto col processo di confronto col quale si misura il moto proprio annuo; esso è fondato sui principî dell'ottica e sull'analisi dei raggi di luce.

Se si riceve attraverso ad un prisma il raggio luminoso che viene da una stella, si vede disegnarsi un piccolo spettro, come abbiamo già visto. Si può creare uno spettro analogo ricevendo sopra un altro prisma il raggio luminoso proveniente da una luce elettrica che attraversi un tubo pieno di gas corrispondenti a quelli riconosciuti nella stella studiata.

Ciò posto, se la stella è immobile, i due spettri si sovrappongono semplicemente; senza che nulla di straordinario si noti in questa sovrapposizione; ma se la stella si avvicina o si allontana, il moto si riflette nello spettro in modo singolare. Supponiamo che essa si avvicini. Le lunghezze d'onda, che danno origine alla varietà dei colori, diminuiscono, e la rifrangibilità di ciascun colore aumenta. Se dunque si osservano con uno spettroscopio due sorgenti luminose, una fissa (il tubo elettrico), l'altra mobile (la stella),

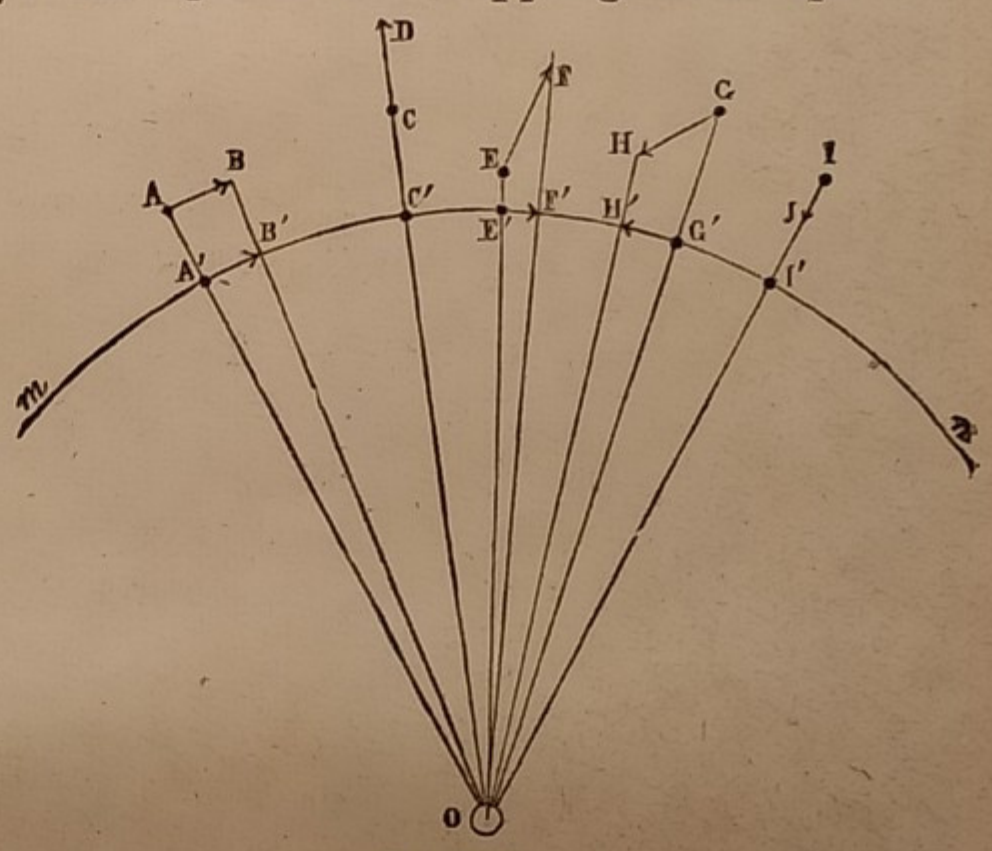


Fig. 349.
Spostamenti effettivi e spostamenti apparenti delle stelle

che danno tutt'e due, per esempio, la riga tanto caratteristica del sodio, si vedranno nei due spettri sovrapposti le righe di questo metallo che non coincideranno. La riga *D* emessa dallo spettro della stella si scosterà dalla riga *D* emessa dal tubo, e lo scostamento si dirigerà dalla parte del violetto, se la stella si avvicina alla Terra, dalla parte del rosso, se se ne allontana. Lo scostamento servirà non solo a certificare che la stella si avvicina o si allontana, ma a stabilirne altresì la velocità.

Questi maravigliosi studî d'analisi spettrale si sono già potuti applicare ad un gran numero di stelle. Alcune di queste si allontanano da noi con una rapidità più o meno grande, mentre altre si avvicinano. Fra le stelle che hanno mostrato dei caratteri di allontanamento, si notano parecchie di quelle che sono, come Sirio, dalla parte opposta al nostro moto di traslazione stellare, quali Procione, Betelgeusa, Rigel. Fra le stelle che si avvicinano a noi

si notano analogamente quelle la cui posizione è prossima alla regione celeste verso cui ci dirigiamo: come Arturo, Vega, α del Cigno. Si poteva pure attendersi a cotesto: ma questa doppia osservazione non influisce per nulla sull'opinione che abbiamo più sopra manifestata relativamente allo spostamento reale di tutte le stelle nell'immensità. Si sono verificati dei moti in allontanamento od in avvicinamento in tutte le direzioni del cielo, tanto dalla parte di Ercole che dalla parte opposta. L'influenza della nostra traslazione sulla prospettiva generale è sensibile; ma essa non impedisce a tutti gli altri Soli dello spazio di avere la loro personalità, il loro cammino distinto e il loro particolare destino.

Fig. 350. — Moto di Sirio nello spazio.

Dietro le faticose ricerche del signor Huggins nel suo osservatorio particolare e del signor Christie all'Osservatorio di Greenwich, ecco quali pajono essere i moti delle stelle studiate:

STELLE CHE SI ALLONTANANO DA NOI.

	VELOCITÀ AL SECONDO in chilom.
α Corona	77
Castore	45
Procione	43
Capella	43
Regolo	37
Sirio	35
α Orione	35
β Pegaso	32
Aldebaran	30
β Orione	30
β γ δ ε, ζ Orsa maggiore	30

STELLE CHE SI AVVICINANO A NOI.

	VELOCITÀ AL SECONDO in chilom.
α Orsa maggiore	74
α Andromaca	72
Vega	71
Arturo	66
γ Leone	66
Polluce	64
α Cigno	64
η Orsa maggiore	51
α Ercole	50
δ Cigno	37
γ Cigno	32

La delicatezza di queste misure vieta di ottenere una precisione rigorosa nella traduzione del lieve spostamento delle linee spettrali in velocità chilometriche, e le cifre di questo piccolo quadro non possono essere quindi

considerate che come provvisorie. Non si può per altro a meno di notare che le stelle che si avvicinano a noi si mostrano animate da velocità maggiori di quelle che si allontanano: la stella α Corona soltanto fa eccezione.

Queste velocità rappresentano naturalmente il moto proprio della stella e quella del sistema solare nello spazio, sommati insieme. La loro varietà mostra d'altra parte che la nostra traslazione attraverso l'immensità non forma che una parte degli spostamenti osservati. Così per esempio, Vega della Lira si avvicina a noi con una velocità probabile di 71 chilometri per secondo, oppure noi ci avviciniamo ad essa con questa velocità, o per meglio dire il nostro moto e il suo addizionati danno insieme la suddetta velocità, giacchè quel Sole non è guari più in riposo del nostro. D'altra parte Castore si allontana da noi con una celerità valutata di 45 chilometri al secondo risultante del suo moto e del nostro. È abbastanza strano l'osservare che i Gemelli Castore e Polluce non sono guari realmente associati come sembrano; uno si allontana da noi, mentre l'altro si avvicina; ognuno si dirige dalla sua parte, e non si conoscono.

Pertanto, il moto reale di qualunque stella nello spazio può oggidì tradursi componendo il moto proprio concluso dalle posizioni osservate col moto lungo la linea del raggio visuale (1).

anno | Ogni | ~~tanto~~ | la distanza che ci separa da

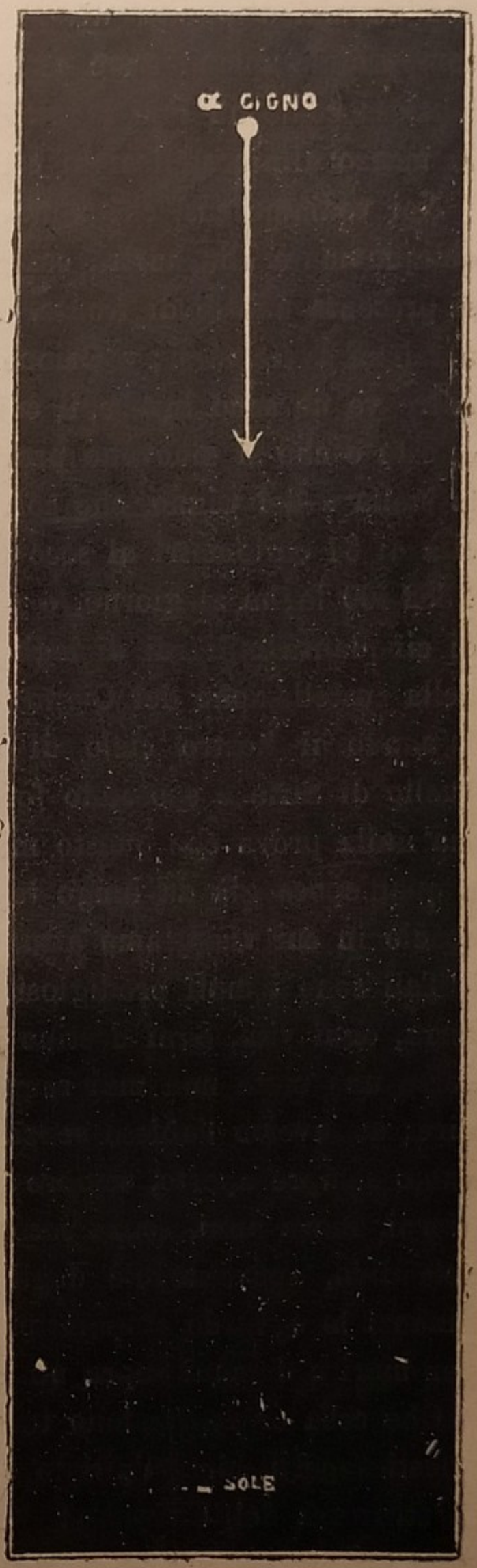


Fig. 351. — Moto di α Cigno nello spazio

(1) Prendiamo per esempio Sirio. Alla distanza a cui siamo da questo sole, il suo moto proprio annuo, che sottende un arco di 1", 34, ci indica uno spostamento di 160 milioni di leghe, misurato perpendicolarmente al raggio visuale. Siccome esso si allontana, nello stesso intervallo di tempo, di una quantità che abbiamo valutata a 268 milioni di leghe, quest'ultima velocità sta alla prima nel rapporto di 166 a 100. Ne risulta che benchè l'allontanamento annuale sia ben indicato dalla cifra or ora ripetuta, tuttavia il cammino obliquo dell'astro si eleva in effetto a 297 milioni di leghe all'anno. Le osservazioni meridiane hanno fatto scoprire lo spostamento AB, perpendicolare al nostro raggio visuale; i confronti spettrali hanno fatto scoprire lo spostamento AC sul nostro raggio visuale. Il vero moto di Sirio si effettua lungo la linea AD.

Sirio aumenta di 268 milioni di leghe; più di 700 000 leghe al giorno! È da quattromila anni almeno che si tengono fissi gli occhî su questa stella, essa non ha mai diminuito di splendore! I suoi fuochi brillano sempre con incomparabile splendore, e sempre essa attira i nostri sguardi nella notte silenziosa come un sole raggiante e inalterabile, e domina ancora da sovrana in mezzo alle costellazioni eclissate!

Noi vediamo così che i movimenti di cui sono animati i Soli si presentano obliquamente alla nostra osservazione terrestre. Ve n'ha tuttavia taluno che si presenta affatto di fronte, di guisa che la stella non sembra nè allontanarsi nè avvicinarsi; γ Orione, α Vergine, α dell'Aquila sono in questo caso. Altre ve ne sono invece, il cui spostamento è press'a poco nullo sulla sfera celeste e che si muovono precisamente lungo il nostro raggio visuale: tale è la stella α del Cigno, che corre in linea retta alla nostra vòlta con una velocità di 64 chilometri al secondo, 3840 chilometri al minuto, 230 000 all'ora, 1 382 400 leghe al giorno, o *più di cinquecento milioni di leghe all'anno*, più di cinquanta miliardi di leghe ogni secolo! Con questa velocità questo sole della costellazione del Cigno giungerebbe vicino a noi in 200 000 anni, illuminando il nostro cielo di uno splendore incomparabilmente superiore a quello di Sirio e sposando forse la sua luce a quella del nostro Sole stesso; ma nulla prova che questo movimento continuerà in linea retta, e d'altronde a quell'epoca già da lungo tempo noi non ci troveremo più nel luogo dello spazio in cui viaggiamo attualmente.

Tali sono i moti prodigiosi che trascinano ogni sole, ogni sistema, ogni terra, ogni vita, ogni destino in tutte le direzioni dell'immensità infinita (1), verso una meta non mai raggiunta nel passato, nè al presente, nè in avvenire; attraverso l'abisso senza termini, senza profondità e senza cielo; nel vuoto sempre aperto, sempre nero, senza fondo; durante una eternità senza giorni, senza anni, senza secoli, senza misure... Tale è l'aspetto grandioso, splendido, spaventevole degli Universi che s'involano attraverso lo spazio dinanzi lo sguardo stupefatto, abbagliato, dell'astronomo terrestre, nato jeri per morire domani sopra un globulo perduto nella notte infinita.

Che cosa ci apprendono tutti questi movimenti, tutte queste distanze, tutti questi aspetti, circa l'ultimo e il maggior problema che ci resta a risolvere: la struttura dell'Universo?

---

(1) Non vi è mai accaduto di guardare da una finestra sopra un *boulevard* di Parigi e la folla di esseri affaccendati che corrono in tutte le direzioni? Ove vanno? Perchè tanta ressa? Si fa a chi più corre, a chi giungerà più presto! Cento anni fa, v'era la stessa folla: fra cento anni si vedrà uno stesso formicolio; e dove corrono tutti a quel modo? Alla morte! Così si precipitano tutti i mondi con rapida celerità attraverso lo spazio! Ma non posso credere che tutto s'incammini alla morte universale. — È l'eterna questione che ha fatto nascere le religioni, le credenze, consolazione per gli uni, oggetto di scherno per gli altri!...

CAPITOLO X.

Struttura dell'Universo visibile.
La Via Lattea. — Le nebulose. — Gli ammassi stellari.
Infinito ed eternità.

Lo sviluppo continuo delle contemplazioni astronomiche esposte in questo lavoro ci colloca in questo momento al vertice del panorama universale e ci presenta la più vasta delle questioni che lo studio della natura possa offrire

Fig. 352. — Un campo telescopico della Via Lattea.

allo spirito umano. Il nostro Sole non è che una stella; essa ci trasporta tutti con rapidità, Terra, Luna, pianeti, satelliti, comete, verso un punto dello spazio che abbiamo determinato. Ogni stella è un sole e allo stesso modo trasporta seco attraverso i cieli stellati i mondi innumerevoli, le svariatissime

umanità che gravitano nella loro attrazione e nella loro luce. Che cosa diventeremo noi? Urteremo noi qualche giorno un sole spento, perduto come uno scoglio sul nostro cammino? Andiam forse noi tutti, popoli dell'infinito, verso una direzione comune ove tutte le potenze, tutte le dovizie della natura si troverebbero riunite un giorno? Andiamo noi forse a estinguerci oscuramente senza esserci mai conosciuti, e tutti questi formidabili movimenti cacciano forse senza scopo tutte le umanità nell'eterno abisso? I Soli che ci attorniano nell'immensità, formano essi un sistema con quello che ci rischiara a quella guisa che i pianeti ne formano uno intorno al nostro focolajo solare; e il nostro Sole gravita esso intorno ad un centro d'attrazione? Questo perno delle rivoluzioni di più Soli, gira egli stesso intorno a un centro preponderante? In una parola, l'universo visibile è desso organizzato in uno o in parecchî sistemi? Nessuna rivelazione divina viene a istruire gli uomini intorno ai misteri che più li interessano, sui loro destini individuali o collettivi; noi non abbiamo, qui come sempre, che la scienza, che l'osservazione, per rispondere a noi medesimi.

Un problema così ampio quale è cotesto è ben lungi dal poter avere una soluzione, sia pur approssimativa. Sotto qualsiasi punto di vista noi lo consideriamo, noi ci troviamo sempre faccia a faccia coll'infinito nello spazio e nel tempo. L'aspetto attuale dell'Universo pone tosto in discussione il suo stato passato e il suo stato futuro, e allora tutto il complesso delle cognizioni umane riunite non ci fornisce più in questa grandiosa ricerca che una pallida luce che a mala pena rischiara i primi passi del cammino ignoto ed oscuro pel quale ci mettiamo. Ciò non di meno un problema siffatto è tale da sedurre la nostra attenzione, e la scienza positiva ha già fatto delle scoperte sufficienti nella conoscenza delle leggi della natura da permetterci di tentar di penetrare questi grandi misteri. Che cosa ci insegnano sulla nostra reale situazione nell'infinito, l'ossservazione generale dei cieli, la sintesi siderale?

Quale è quella persona, che nelle ore tranquille e silenziose delle nostre tepide sere serene, non abbia lasciato vagare pensoso lo sguardo entro i meandri incerti della Via Lattea, attratto, affascinato dalla misteriosa luminosità, così dolce, così calma, di quella fascia argentea, che sembra appoggiarsi a due opposti punti dell'orizzonte, e che si eleva più o meno sul cielo a seconda della notte e della posizione dell'osservatore? (1)

---

(1) Uno dei più attraenti e misteriosi oggetti celesti è certamente la Via Lattea per uno spirito contemplatore e curioso. Le miriadi di soli che costellano il firmamento, le isolate nebulose, gli ammassi stellari sono tuttavia un nulla a confronto di questa zona che non a torto i Gentili dicevano essere la traccia lasciata in cielo da una stilla di latte fuggita dal seno di Giunone. È un sentiero sabbioso nel fiorito giardino celeste, in cui ogni granello di sabbia è una stella: l'imaginazione rimane sopraffatta pensando al portentoso addensamento ed alla incommensurabile profondità di questa zona perchè non produca che un così fioco bagliore, quasi una luce diffusa, ma di tanta potenza da rischiarare anche gli interstizi che esistono fra stella e stella lungo quella fascia.

IL TRAD.

Intanto che una metà si mostra al disopra dell'orizzonte, l'altra sta sotto, e se si togliesse la Terra o la si facesse diventar trasparente, si vedrebbe la Via Lattea intera sotto la forma di un gran cerchio che fa il giro completo del cielo. Lo studio scientifico di questa striscia luminosa e il suo confronto colla popolazione stellare dei cieli incomincia per noi la soluzione del gran problema.

Dirizziamo un telescopio verso un punto qualunque di quest'arco vaporoso; a un tratto centinaja, migliaja di stelle appajono nel campo telescopico come dei fori di spillo nella vòlta celeste. Aspettiamo qualche momento; lasciamo che il nostro occhio si abitui all'oscurità del fondo, e a migliaja scaturiranno le piccole scintille. Lasciamo puntato lo strumento, immobile, verso la medesima plaga, e lentamente passerà nella visione maravigliata l'esercito lontano delle stelle. In un quarto d'ora (la 96ª parte di un giorno) noi ne vedremo apparire migliaja e migliaja. William Herschel ne ha contato 332 000 in una larghezza di cinque gradi presa nella costellazione del Cigno, così lattea anche ad occhio nudo. Se noi potessimo veder passare tutta la Via Lattea, ne conteremmo 18 milioni.

Questo semenzajo di stelle è formato di astri separatamente invisibili ad occhio nudo, inferiori alla sesta grandezza, ma talmente stipati che sembrano toccarsi, in modo da formare quella traccia nebulosa che tutti gli sguardi dell'umanità rivolti al cielo da migliaja di anni hanno contemplata ed ammirata. Poichè si svolge a guisa di una cintura lungo l'intero giro del cielo, noi dunque ci troviamo nella via Lattea. Il primo fatto che s'impone al nostro spirito è dunque che *il nostro Sole è una stella della Via Lattea.*

Ora, questa agglomerazione di stelle forma essa veramente una specie di cornice circolare lontana da noi? Non v'ha alcuna ragione che porti a imaginarcela così, giacchè il suo aspetto per noi sarà lo stesso tanto se sia un anello od uno strato, una falda od un piano, in cui si trovassero disseminate migliaja di stelle. Noi dobbiamo dunque naturalmente rappresentarci la Via Lattea così: *un piano nel quale le stelle sono accumulate, fino a distanze incommensurabili.* Sembra a noi che esse si tocchino, perchè si projettano le une dinanze le altre. Ma esse non sono tutte perciò egualmente distanti fra loro.

Pertanto le prime stelle della Via Lattea sono vicine a noi. Il Sole ne è una; α del Centauro ne è un'altra; la 61ª del Cigno è una terza; e così in tutte le direzioni, di trilioni in trilioni di leghe si succedono le stelle disposte principalmente in questo piano rimarchevole. Fra due stelle della Via Lattea, che sembrano toccarsi, debbono sovente trovarsi interposti dei trilioni di leghe nel verso del nostro raggio visuale. Parecchie, d'altra parte, debbono essere meno lontane fra loro e formare dei sistemi doppî, tripli, quadrupli, decupli, centupli. Vedremo fra breve che vi sono realmente dei sistemi formati da parecchie migliaja di stelle.

Ora si verifica il fatto che, se si fa la rivista telescopica del cielo per le stelle invisibili ad occhio nudo, queste stelle sono tanto più numerose quanto più ci avviciniamo alla Via Lattea: il numero delle stelle dalla 10ª alla 16ª grandezza aumenta prodigiosamente e regolarmente dai due poli della Via Lattea fino a questa zona. Così, lo stesso cannocchiale che conta 122 stelle nel suo campo di 15′ di diametro (la metà del Sole) non ne conta che 30 a 15 gradi di distanza da detta zona, 10 a 45 gradi, 6 a 50 gradi e soltanto 4 ai poli di questo piano stellare.

Si avrà un'idea della distribuzione delle stelle nello spazio esaminando attentamente l'ammirabile e curiosa projezione delle stelle dell'atlante celeste di Argelander fatte dal signor Proctor sopra un planisfero di cui la nostra figura 353 è la riduzione. Ognuno di quei piccoli punti rappresenta una stella, un sole analogo al nostro; ve ne sono 324 198, complesso delle quaranta carte di questo grande atlante, racchiudente tutte le stelle del nostro emisfero boreale fino alla 9ª grandezza, esclusivamente, quali si sono osservate durante sette anni in un cannocchiale di sette centimetri di diametro. Ognuna di queste stelle ha il suo nome o il suo numero d'ordine. Si vede da una parte l'agglomerazione progressiva delle stelle verso la Via Lattea, d'altra parte vedonsi delle strane irregolarità, delle regioni in cui le stelle sono singolarmente rare, specialmente tra le Plejadi e la Via Lattea.

Se il nostro occhio valesse quanto un objettivo di sette centimetri, è così che noi vedremmo il cielo ad occhio nudo. Ma lì non vi sono che le prime stelle telescopiche, circa cento volte più di quante ne possiamo contare ad occhio nudo. Ebbene! il cannocchiale di Washington sviluppa ancora nello stesso rapporto questa visione stupenda e mostra cento volte più stelle di quello di Argelander: trenta milioni nella metà del cielo!

Noi possiamo già rappresentarci l'universo visibile come certamente costituito da più di cento milioni di Soli disposti in una immensa agglomerazione di forma lenticolare il cui diametro sembra essere otto o dieci volte maggiore della grossezza. Questa agglomerazione non è omogenea, ma di varia condensazione, e composta di associazioni diverse separate da intervalli irregolari.

I Soli son essi in generale uniformemente separati gli uni dagli altri; hanno essi dimensioni uniformi, la stessa intensità luminosa, la stessa massa, la stessa potenza? No. Tra essi manifestasi un'infinita varietà. Parecchî formano delle associazioni, provate dal fatto che un moto proprio comune li trasporta attraverso lo spazio, quantunque siano, a non dubitarne, lontani fra loro miliardi di leghe; altri sono agglomerati in ammassi e forse separati gli uni dagli altri soltanto da decine di milioni di leghe; alcuni sono milioni di volte più grossi della Terra; altri possono scendere, se non fino alla sua infinita piccolezza, ma per lo meno non oltrepassare in volume i grossi pianeti del

nostro sistema, quali Giove e Saturno. Non debbono esistere dei Soli assolutamente isolati. Il nostro Sole, che ci sembra tale, subisce certamente l'influenza attrattiva dei suoi vicini, e forse più d'uno cammina di conserva con esso verso la stessa meta.

Fig. 353. — Distribuzione di 324 198 stelle catalogate ad una ad una per l'emisfero boreale, mostrante l'agglomerazione progressiva verso la Via Lattea.

Si conoscono nel cielo 1034 ammassi di stelle, e 4042 nebulose irreducibili. I primi si compongono di stelle associate; le seconde possono esser distinte in due classi: 1.° le nebulose che i progressi sempre crescenti dell'ottica risolveranno un giorno in stelle, o che, in tutti i casi, sono composte di stelle,

benchè la loro lontananza sia troppo grande perchè si possa verificarlo; 2.° le nebulose propriamente dette, di cui l'analisi spettrale mostra la costituzione gasosa. Osservazione istruttiva: gli ammassi di stelle presentano la stessa distribuzione generale delle stelle telescopiche; si mostrano più numerosi nel piano della Via Lattea, mentre, per le nebulose propriamente dette si verifica il contrario: esse sono rade nella Via Lattea, e molto frequenti a nord come a sud di questa zona fino ai suoi poli. La costituzione non nebulosa, ma stellare, della Via Lattea, è un fatto molto significativo. Le nebulose propriamente dette sono distribuite in senso opposto delle stelle, essendo più

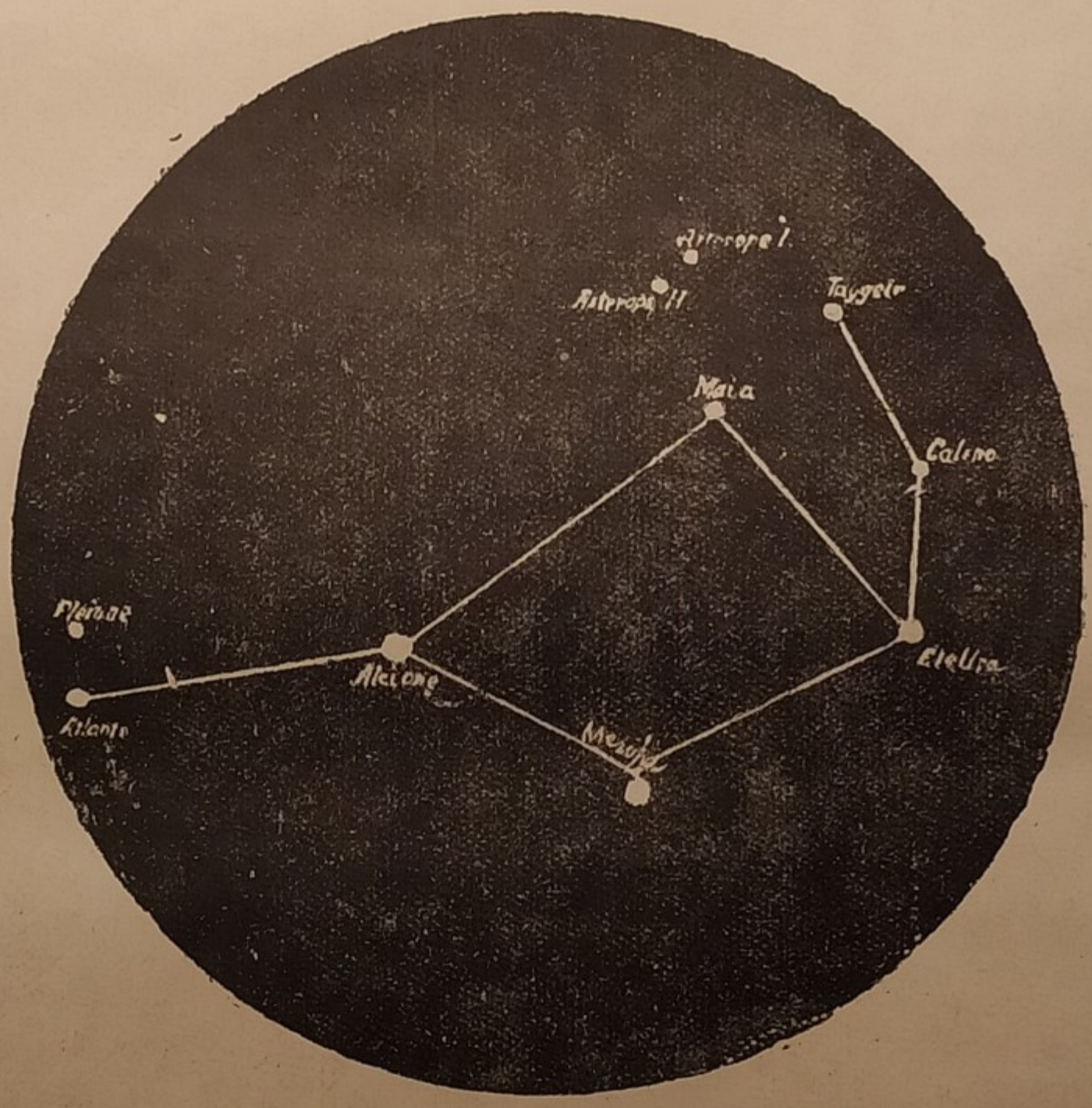


Fig. 351. — Le Plejadi vedute ad occhio nudo

numerose verso i poli della Via Lattea, e nelle regioni povere di stelle, come se esse avessero assorbito la materia di cui sono fatte le stelle. William Herschel aveva già avvertito questo fatto; allorchè, al telescopio, vedeva diventar rare le stelle, aveva l'abitudine di dire al suo segretario: « Preparatevi a scrivere, le nebulose stanno per giungere. »

Gli ammassi di stelle presentano tutti i gradi possibili, tanto nel numero come nella condensazione delle loro componenti. Ve n'ha taluni che non risultano che di alcune stelle; altri offrono un'associazione di qualche decina di stelle; altri sono formati di parecchie centinaja, di più migliaja. Fra gli ammassi stellari visibili ad occhio nudo, il più conosciuto, quello che l'uma-

nità contempla da tanti secoli, e che una volta regolava l'anno astronomico e climatologico de' nostri antenati, l'ammasso delle Plejadi, può servirci qual

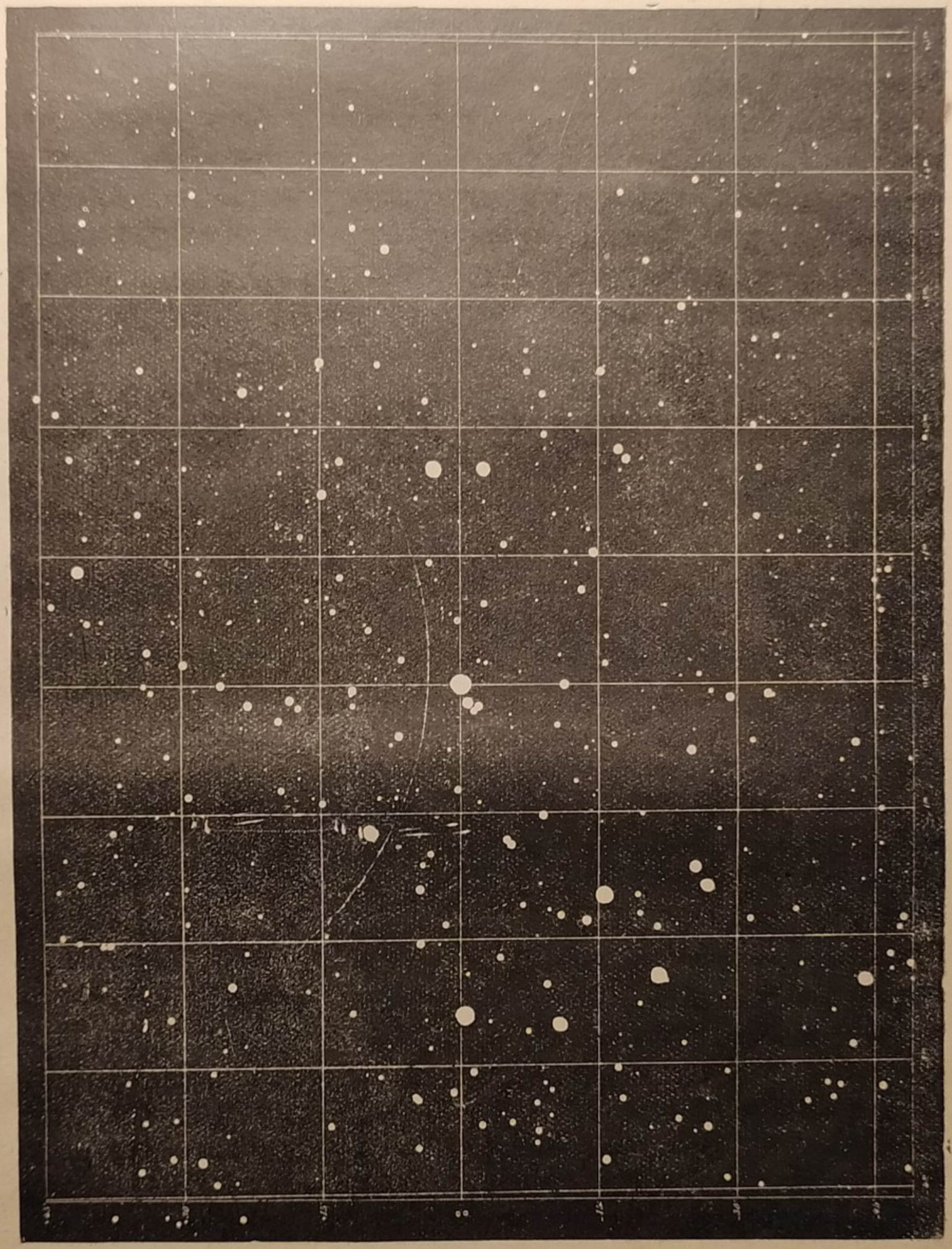


Fig. 355. — Le Plejadi vedute al telescopio.

primo tipo, qual primo esemplare per introdurci in questo nuovo mondo delle ricchezze siderali. Le viste inferiori alle mediocri non vi scorgono che una massa nebulosa e confusa, come a dire una macchia luminosa; le viste comuni

distinguono sei stelle: Alcione di 3ª grandezza, Elettra e Atlante di 4ª grandezza; Merope, Maja e Taigeto di 5ª grandezza; le viste buone ne distinguono una settima, Plejone, di 6ª grandezza; le viste buonissime discernono anche Asterope, stella del settimo ordine; certe viste privilegiate sdoppiano questa stella e distinguono Celeno; alcune viste di una portata straordinaria poterono vederne fin tredici. La settima sembra esser diminuita di splendore, giacchè gli storici greci e latini assicurano ch'essa se n'è fuggita all'epoca della guerra di Troja; ma forse questa leggenda non è dovuta che alla difficoltà di distinguerla.

Questo ammasso di stelle, così modesto per l'occhio disarmato, diventa splendido in un cannocchiale anche di debole forza: vi pare di vedere dei diamanti luminosi scintillare sul fondo nero del cielo; più debole è l'oculare,

Fig. 356. — Ammasso di stelle in Perseo.

meno forte è l'ingrandimento, più il campo è vasto e luminoso, tanto più viva è l'impressione ricevuta dall'osservatore. Veggonsi colà dei Soli, della natura del nostro, circondati senza dubbio da sistemi di pianeti abitati, ed ai cui abitatori il cielo dee parer di notte altrettanto nero quanto il nostro, e che gravitano tuttavia gli uni e gli altri in mezzo ad una agglomerazione di forse seicento Soli immensamente lontani fra di loro. In un potente strumento, si distingue una nebulosa attraverso certe regioni di questo brillante ammasso di stelle; la posizione esatta, la grandezza precisa di ciascuna stella è già fin d'ora determinata, di guisa che fra qualche secolo si potrà decidere se in questa lontana creazione avvengono delle variazioni. Quest'aspetto telescopico è riprodotto nella Carta qui presso (fig. 355), che fu costruita recentemente all'Osservatorio di Parigi dal signor Wolf.

Le Iadi che pure si ammirano ad occhio nudo, presso Aldebaran; l'ammasso del Cancro, che si scorge nella costellazione di questo nome; quello dei Gemelli, l'ammasso di Perseo, l'ammasso dei Cani da caccia, l'ammasso di Ercole, ci mostrano delle agglomerazioni di Soli mano mano più ricchi, visibili in diverse regioni dei cieli. Ma cotesto non è ancora che un preludio di ciò che ci riserva la regione telescopica. Chi potrebbe, per esempio, contemplare senza emozione, anche nell'incompleta riproduzione di una fredda incisione, gli ammassi stellari del Centauro o del Tucano, formati da *parecchie migliaja di Soli?* Il primo è, senza confronto, il più ricco e il più grande del cielo intero, e presenta verso il suo centro un'abbagliante condensazione; il secondo, che è pure visibile ad occhio nudo, nelle vicinanze della piccola nube di Magellano, in una regione del cielo australe interamente sprovvista di

Fig. 357. — Ammasso del Centauro.

Fig. 358. — Ammasso del Tucano.

stelle, si estende lontano tutt'intorno con stelle meno addensate; una stella doppia si vede projettata sull'ammasso, ma è probabile che sia molto al di qua e non abbia con esso alcuna relazione.

Si può stimare che la luce impieghi da dieci a quindicimila anni per giungerci da colà. Nella Croce del Sud si ammira con indicibile sorpresa un ammasso brillante di 110 stelle, di settima grandezza o più piccole, di cui le più luminose splendono di tutti i colori: rosso rubino, verde smeraldo, bleu di zaffiro; è come uno smagliante scrigno di giojelli.

La contemplazione dei cieli non offre alcun spettacolo altrettanto grandioso, altrettanto eloquente, quanto quello degli ammassi di stelle. La maggior parte di essi trovansi a tale distanza da noi che i più potenti telescopî non ce li mostrano ancora che quale un polverìo di stelle. La loro lontananza

non solamente vince tutti i nostri mezzi di misurazione — dice Newcomb — ma anche tutto il nostro potere di estimazione. Per piccoli che ci appajono, niente ci vieta di vedere in ciascuno di quei punti luminosi un Sole, centro di un gruppo di pianeti analoghi a quelli del nostro sistema e ciascuno dei quali può essere popolato al par del nostro. Noi possiamo considerarli quali piccole colonie isolate ai confini della creazione (1), e ci pare che in ragione della loro reciproca vicinanza, gli abitanti di quei mondi possono vedersi, conoscersi e forse anche intrattenersi dei loro affari. Tuttavia se noi fossimo trasportati in uno di questi ammassi lontani, e mettessimo piede sopra uno dei pianeti che gravitano intorno ad uno dei loro Soli, invece di trovare nelle nostre vicinanze i Soli circostanti, non avremmo intorno a noi che un firmamento stellato analogo al nostro, probabilmente più splendido, giacchè vi si vedrebbe un gran numero di stelle più smaglianti di Sirio, ma è probabile che gli abitanti dei mondi vicini ci resterebbero non meno stranieri di quello che lo sieno per noi attualmente quelli di Marte. Per conseguenza, per le umanità di ciascun pianeta dell'ammasso stellare, la questione della pluralità dei mondi non sarebbe senza dubbio praticamente più avanzata di quello che lo sia per noi stessi.

Questi sono ammassi di stelle di forma regolare, nei quali l'attrazione sembra segnare la sua secolare impronta. Il nostro spirito avvezzo all'ordine nel cosmos, ricercante l'armonia nell'organizzazione delle cose è soddisfatto di queste agglomerazioni di Soli, di questi lontani universi, che realizzano nel loro insieme un aspetto che si avvicina alla forma sferica. Più straordinarî, più maravigliosi ancora sono gli ammassi di stelle che sembrano organizzati in spirali, e fra questi, splendida, formidabile, si mostra l'ammirabile nebulosa situata nella costellazione dei Cani da caccia (vicinissimo alla stella α dell'Orsa maggiore, 3 gradi a sud-ovest), e di cui il gran telescopio di lord Rosse mostrò la singolare struttura. Sembra che la mano dei secoli abbia contorto questo universo, che i Soli innumerevoli colà raccolti sfilino per dirigersi verso il focolare centrale, che un secondo focolare si condensi verso i confini di questo universo, e che tutto l'insieme si sposti nello spazio lasciando una lieve traccia dietro di sè. L'imaginazione resta confusa in presenza di uno spettacolo così grandioso. Nell'ipotesi della completa risolvibilità, lo spirito si perde a numerare le miriadi di Soli i cui splendori individuali insieme confusi producono quelle frangie nebulose di così diverse intensità. Quale non è mai

(1) Per modo di dire, giacchè ognuno può facilmente esser persuaso che soltanto i nostri limitati mezzi di visione, per quanto ora recati a una relativa perfezione, seguano un confine al Creato; ma se il Creato è l'opera di un Dio onnipotente ed eterno, e poichè lo spazio è del pari infinito, come infinita è la materia, al di là di quegli ammassi, di quelle nebulose, vi sono necessariamente altri ammassi, altre vie lattee, e pertanto altri Soli, altri pianeti. È qui dove appunto si può ripetere: i *Cieli narrano la gloria, la onnipotenza, l'infinità della Mente e della Potenza motrice.*

l'estensione di questo universo di cui ogni Sole non è che un granello di polvere luminosa! in quale profondità d'abisso penetra il nostro sguardo allorchè contempla questa creazione lontana! in quale profondità di tempi non risale esso guardandola! Abbiam noi attualmente sotto gli occhî quindicimila anni, trentamila, centomila anni del passato?... Certamente essa non esiste più, questa nebulosa, nello stato nel quale ci arriva oggi la sua fotografia.

Ma qui noi penetriamo nel mondo ancor più misterioso delle nebulose. Dall'epoca in cui Williams Herschel ha esternato l'idea che questi ammassi sono porzioni della materia cosmica primitiva che ha servito alla formazione delle stelle esistenti attualmente, e che studiandole noi studiamo nel tempo stesso le fasi per le quali sono passati i Soli e i pianeti; dopo che, sopratutto, gli ingegnosi processi dell'analisi spettrale permettono di studiare la composizione chimica di queste nubi stellari, l'interesse che esse inspirano all'astronomo, al pensatore, si è decuplicato, centuplicato. In una notte d'inverno ben pura e ben trasparente, in dicembre a mezzanotte guardate sotto il Cinto d'Orione, voi discernerete, indovinerete il ganglio di luce nebulosa che palpita in questa costellazione. Prendete un cannocchiale anche di debole forza, e voi noterete la bella stella quadrupla (dessa è anzi sestupla) di ϑ d'Orione, circondata dalla più singolare delle nebulose. Ebbene! quello non è più un ammasso di Soli; v'ha della materia luminosa gaseiforme, un po' verdognola: lo spettroscopio di Huggins mostra nel suo spettro tre righe brillanti nettamente definite, e separate da intervalli oscuri. Uno spettro di tal natura non può esser prodotto che da luce emanata da una sostanza allo stato di gas. Quale è questo gas cosmico? Il suo spettro ricorda quello dell'azoto; è probabile che l'*azoto* domini in quella costituzione, oppure una sostanza ancora più elementare, che le nostre analisi non ci hanno per anche fatto scoprire. Questa immensa nebulosa, la più bella del cielo, occupa uno spazio molto più grande di quello occupato dall'intero nostro sistema planetario!

Fra le nebulose di forma irregolare, ammiriamo anche quella dello Scudo di Sobiesky, misteriosa creazione dalla quale sembrano sprizzar luce numerosi Soli: tutte queste stelle si crederebbero più vicine a noi della nebulosa e projettate sopra di essa per effetto di prospettiva, se il loro bizzarro aggruppamento non rivelasse una singolare connessione colle forme presentateci dalla nebulosa stessa.

Nell'Orsa maggiore v'ha una nebulosa rotonda e splendente, che mostra al suo centro due stelle, circondate ciascuna da un cerchio nero; essa somiglia a una testa di gufo. Qualche volta una delle due stelle cessa d'esser visibile, e la testa, avendo perduto uno de' suoi occhî, sembra guercia. Anche nella costellazione del Leone vedesi una nebulosa ellittica, con un nucleo centrale

circondato da inviluppi nebulosi. Citiamo ancora, nella costellazione del Dragone, una nebulosa simile ad un anello brillante, circondato da una vaga nebulosità.

L'aspetto e l'analisi chimica di queste nebulose hanno rimesso in onore l'ipotesi di una materia cosmica diffusa primitivamente in tutto lo spazio. Una prima condensazione di questa materia diffusa produce delle nubi di vapori o delle semplici nebulose. Mercè una ulteriore condensazione uno o parecchî nuclei si formano in seno a quelle nebulosità. Questi nuclei, attraendo le materie circostanti, a poco a poco si ingrossano e diventano stelle, le quali, in appresso, per la loro reciproca azione, si avvicinano e si aggruppano in ammassi steilari. Noi vediamo per tal modo delle nebulose a tutte le età e in tutte le fasi della loro organizzazione. Per sviluppare nei gas quelle

Fig. 359. — Nebulosa a spirale nella costellazione dei Cani da caccia.

righe così nette e marcate rivelate dall'analisi spettrale, non basta una combustione qualunque accompagnata da un debole sviluppo di calore, occorre al contrario una temperatura assai elevata come quella prodotta dal focolare elettrico. Noi possiamo concluderne che i fluidi costituenti le nebulose sono in uno stato di viva incandescenza ad una temperatura almeno tanto elevata quanto quelle che noi possiamo ottenere. Il fondo dello spazio, che si presenta abitualmente al nostro spirito come la sede di un silenzio glaciale analogo a quello della morte, è dunque all'opposto in uno stato di prodigiosa attività che la nostra imaginazione difficilmente può rappresentarsi. Così si preparano dei Soli, i quali un giorno, allorchè saranno sufficientemente condensati e raffreddati, governeranno e illumineranno un certo numero di pianeti. Le nebulose planetarie sembrano astri già molto inoltrati in questa via di formazione. Noi conosciamo un astro misto, avente per coordinate

19^h 40^m di ascensione retta e 50° 6′ di declinazione boreale: è una stella circondata da un'atmosfera nebulosa, che presenta nel tempo stesso i due spettri, e che sembra indicare una fase intermedia delle formazioni siderali.

Parecchie nebulose presentano forme corrispondenti alle trasformazioni che abbiamo studiate trattando dell'origine e della fine dei mondi. Ne abbiamo fra le altre rappresentate tre (pagina 88), che mostrano le fasi di condensazione, di rotazione e di separazione d'anelli, per le quali hanno dovuto passare le creazioni solari e planetarie secondo la teoria cosmogonica la più

Fig. 360. — La nebulosa d'Orione.

probabile. Lo spettro di queste nebulose indica in prima linea la presenza dell'azoto e dell'idrogeno.

Misteriose figure, voci del passato, profezie dell'avvenire, queste luci pallide e dolci aprono al pensiero delle nuove prospettive sull'infinito; i primi osservatori telescopici del cielo, che conservano i ricordi dell'empireo, le descrivevano quali aperture attraverso la vòlta celeste, per le quali i nostri sguardi potevano penetrare fino alla luce del paradiso. I tipi sui quali ci siamò or ora fermati, non ne danno ancora che un'idea incompleta. Bisognerebbe aggiunger loro le nebulose lenticolari ed ellittiche; le nebulose perforate; le nebulose radianti, ecc., ecc.

Alcune hanno sensibilmente cambiato di forma e di splendore nell'intervallo di men che un secolo da che si osservano con attenzione. Uno degli esempî più curiosi di questo fatto è quello offertoci dalla nebulosa scoperta nel 1852 da Hind nella costellazione del Toro. Il mio compianto amico Chacornac, che l'aveva esaminata all'Osservatorio di Parigi nel 1854, fu ben sorpreso di non ritrovarla più nel 1858 e nel 1862. Tuttavia, nel 1865 e nel 1866, fu di nuovo osservata con facilità dall'astronomo d'Arrest; di poi essa è di nuovo scomparsa tanto completamente che attualmente è affatto invisibile ne' più potenti istrumenti. Una stella che le è adiacente ha subìto le medesime fasi. Quale può essere la spiegazione di una cosiffatta metamorfosi? Questa nebulosa è senza dubbio tanto vasta quanto tutto intero il nostro sistema solare. Forse non splendeva essa che per la luce riflessa del sole che l'avvicina, e questo sole è desso variabile al par di quelli che abbiamo già studiati? Forse un'immensa nube opaca gira intorno a questa nebulosa e ce la nasconde periodicamente?... Mistero.

Ma non è questo il solo caso di tal genere. Un'altra nebulosa, situata nella Balena, fu osservata dai due Herschel e da lord Rosse, poi divenne completamente invisibile nel 1861 in uno strumento superiore a quello con cui era stata veduta cinque anni prima. La si osservò di bel nuovo nel 1863 o 1864; ma sparve ancora nel 1865. La si rivide nel 1868, e, di nuovo, nel 1877. Winnecke l'osservò senza difficoltà a Strasburgo. Sarebbe essa una nebulosa variabile, periodica?

Un' altra nebulosa, situata nel Dragone, osservata per la prima volta da Tuttle nel 1859, parve brillantissima nel 1862, meno brillante nel 1863, e divenne benanco invisibile nel cercatore, in cui era perfettamente veduta nel 1862.

Altro fatto non meno singolare: una nebulosa dello Scorpione, che porta il numero 80 del catalogo di Messier, si è trasformata in una stella fra il 9 maggio e il 10 giugno 1860, poi, a quest'ultima data, è ritornata nebulosa. Tre diversi osservatori, Pogson, Luther ed Auvers, hanno accertato il mutamento.

Le osservazioni e i disegni della singolare nebulosa che involge la stella variabile η della Nave, della nebulosa d'Orione, che sembra talora agitata come la superficie d'un mare, della nebulosa dello scudo di Sobiesky, la cui forma, disegnata da sir John Herschel nel 1833, ricorda la lettera greca Ω, mentre quella della nostra fig. 360, disegnata da Lassel nel 1862, dà tutt'altra imagine, sembrano indicare anche delle variazionî. Ma queste variazioni non offrono il grado di certezza delle precedenti.

Le nebulose aprono per tal modo alla imaginazione un campo non meno vasto di quello del mondo stellare. Noi abbiamo or ora incontrato delle *nebulose variabili;* ecco adesso delle *nebulose doppie.* Codesti ammassi cosmici gasosi sono senza dubbio lo stato originario, il caos primitivo, la genesi dei

Soli doppi dei sistemi multipli, di cui abbiamo studiato più indietro la costituzione. Noi assistiamo senza dubbio a nuove creazioni di mondi; ma, come abbiam già avvertito, la luce, quest'abile messaggera non ci reca che delle notizie postume dei fenomeni celesti, e forse attualmente queste nebulose sono condensate in soli e pianeti. Alcune già di queste nebulose doppie manifestano delle tracce di un lento moto orbitale di una intorno all'altra o di uno spostamento relativo nello spazio.

Fig. 361 — La nebulosa dello scudo di Sobieski.

Sono luci codeste che palpitano alle frontiere della creazione; son queste delle genesi che ci mostrano la nascita di altri universi; son voci del passato che ci parlano dal fondo dei secoli scomparsi. Il cielo ci mostra le sue culle e le sue tombe; qui nascono le umanità; là, giunte al loro apogeo, esse misurano l'infinito nella loro vasta contemplazione; altrove esse si esaltano consumate nel fuoco celeste e si addormentano nel letargo degli ultimi ghiacci: è la grande storia dei cieli, è la vera *storia universale*.

Arrivati a queste vette eccelse noi possiamo ora tentare di rappresentarci nel suo insieme la costituzione dell'Universo.

Nello spazio infinito le stelle sono disseminate in ammassi immensi, come arcipelaghi di isole nell'oceano dei cieli. Per andare da una stella ad un'altra, in un istesso arcipelago, la luce impiega degli anni: per andare da un arcipelago ad un altro vicino, impiega migliaja di anni. Ognuna di queste stelle è un sole analogo al nostro, senza dubbio circondato almeno in generale, da mondi gravitanti nella sua luce; ognuno di quei pianeti possiede tosto o tardi una storia naturale appropriata alla sua costituzione e serve durante secoli e secoli di soggiorno ad una moltitudine di esseri viventi di specie diverse... Tentiamo di contare il numero dei Soli che popolano l'Universo, il numero delle creature che nascono e muojono su tutti quei mondi!... le gioje, le pene, le risa e i pianti, le virtù e i vizî. Imaginazione, arresta il tuo volo!...

Ora, dobbiamo noi considerare tutto il complesso dell'universo visibile, sistema solare, stelle semplici, stelle doppie, multiple, ammassi stellari, nebulose, siccome formanti un vasto sistema siderale composto di sistemi parziali?

Vedendo i pianeti gravitare armonicamente intorno al Sole, i filosofi Kant e Lambert emisero, nello scorso secolo, l'ipotesi che l'universo stellare dovesse essere costruito sul medesimo piano, e che ciascuna stella dovesse percorrere nello spazio un'orbita chiusa. Era questa una teoria, del cui valore la sola osservazione poteva esser giudice; William Herschel e William Sturve si posero all'opera, e il risultato delle loro osservazioni fu contrario a questo concetto indubbiamente troppo semplice. Nessuna stella presenta una preponderanza sufficiente per servire di Sole centrale, e d'altra parte, se questo Sole centrale fosse oscuro (cosa difficile ad ammettersi), i movimenti delle stelle intorno ad esso dovrebbero tradursi, per noi, in una certa regolarità dei moti proprî. Tale non è il caso generale. Se, d'altra parte, noi esaminiamo in dettaglio i movimenti di alcune stelle particolari, noi troviamo che l'ipotesi di queste orbite regolari è la più improbabile di tutte (1).

---

(1) Consideriamo, per esempio, la stella il cui moto è il più rapido (1830ª del Cat. di Groombridge). Abbiamo veduto che la sua parallasse non è che di un decimo di secondo, vale a dire che la distanza dal Sole alla Terra, vista di là si riduce ad un decimo di secondo. Ma il moto proprio di questa stella è di sette secondi all'anno, vale a dire di 70 volte la sua parallasse. Ne risulta che questa stella si sposta ogni anno nel cielo di un tratto almeno sessanta volte maggiore della distanza che ci divide dal Sole; essa varcherebbe questa distanza in cinque giorni, di guisa che la sua velocità oltrepassa certamente 320 mila ~~chilometri~~ metri al secondo. Ma noi abbiamo veduto che la velocità che un corpo acquista cadendo verso un centro di attrazione può essere calcolata per ciascun punto del suo corso. Per esempio, un corpo che giungesse dall'infinito verso la Terra, e attratto da questa sola, ci arriverebbe addosso con una velocità di 11 300 metri soltanto nell'ultimo secondo. Reciprocamente, lanciato dalla Terra con questa velocità, non ricadrebbe mai più su di noi. Siamo già entrati più volte in queste considerazioni, nel corso di questo lavoro, le abbiamo discusse e dilucidate. Se noi conoscessimo le masse di tutte le stelle e la loro disposizione nello spazio, potremmo calcolare pure la velocità massima che un corpo acquisterebbe cadendo da una distanza infinita verso un punto qualsiasi del sistema stellare, e se noi trovassimo che una stella si muove con velocità maggiore di questa,

D'altronde, il risultato generale sembra essere che l'universo stellare non possieda in sè stesso le condizioni di stabilità che abbiamo riconosciute nel sistema solare; tutto sembra precipitare attraverso l'infinito senza limiti. Se non esistesse nelle stelle alcun movimento, esse, alla lunga, cadrebbero tutte verso un centro comune, si riunirebbero tutte in una sola massa, e ciò sarebbe la ruina universale e definitiva di tutto quanto l'Universo. Ma i moti di cui le vediamo animate, contraddicono una siffatta catastrofe, poichè ogni stella tiene in serbo una quantità di forza sufficiente per impedirle di subire passivamente l'attrazione delle sue vicine. Se dunque una stella qualunque cade verso un centro d'attrazione, la velocità ch'essa acquista con questa caduta, la lancia in una nuova direzione, e così essa continua a vagare attraverso l'infinito, senza che si possa prevedere una collisione sicura.

Aggiungiamo qui, che può esistere intorno al nostro Universo visibile uno

Fig. 362.
Nebulosa doppia nell'Aquario.

Fig. 363.
Nebulosa doppia nell'Orsa maggiore.

spazio immenso, assolutamente vuoto e deserto, al di là del quale, a distanze innumerevoli, trovinsi altri universi... E così di seguito.

Sì, l'universo visibile, co' suoi cento milioni di soli, non rappresenta che una porzione infinitesimale dell'Universo totale, dell'infinito: è un villaggio

---

ne concluderemo che questa stella non appartiene all'universo visibile e che è un semplice visitatore giungente dall'infinito e incapace di essere arrestato dall'attrazione combinata di tutte le stelle conosciute.

Ebbene, ammettiamo che vi siano cento milioni di Soli nel nostro Universo, e che in media ciascuno di essi sia cinque volte più pesante del nostro, e che il nostro Universo abbia per diametro la lunghezza del cammino percorso dalla luce in tremila anni. Un corpo, cadendo dall'infinito verso il centro di questo sistema stellare sarebbe animato da una velocità di 40 mila metri al secondo, stante i calcoli di Newcomb. Ora, noi non abbiam qui che un ottavo della velocità probabile della stelle 1830 di Groombridge, e per produrre otto volte questa velocità, bisognerebbe una massa attrattiva 64 volte più forte di quella che abbiamo ammesso. Da questa semplice considerazione risulta il dilemma seguente: O gli astri che compongono il nostro Universo sono più numerosi e pesanti di quello che sembrino al telescopio, oppure la stella 1830 Groombridge non appartiene al nostro Universo, essa lo attraversa, e l'attrazione riunita di tutti questi corpi non potrebbe arrestarla. Noi non ci permetteremo di decidere fra queste due grandiose ipotesi.

in una provincia, e meno ancora; d'altra parte, i milioni d'anni ed anche milioni di secoli, coi quali noi tentiamo di esprimere lo sviluppo progressivo delle nebulose, dei soli e dei mondi, non rappresentano che un rapido istante nella durata eterna. Noi non possiamo dunque, provandoci di concepire queste grandezze, che riconoscere l'insufficienza del nostro campo d'osservazione e penetrarci della convinzione che l'Universo è incomparabilmente più vasto, più prodigioso e più splendido di tutto ciò che la scienza ci rivela e di tutto quanto può sognare l'imaginazione.

Un'osservazione che sorprende, bizzarra, inattesa, ma assolutamente vera è questa: ogni Sole dello spazio è trasportato con tale velocità, che una palla da cannone in movimento, a confronto, rappresenta lo stato di quiete; la Terra, il Sole, Sirio, Vega, Arturo e tutti i sistemi dell'infinito non percorrono in un secondo cento metri, nè trecento, nè cinquecento, ma dieci, venti, trenta, cinquanta, centomila metri; tutto quanto corre, vola, cade, ruota, si precipita attraverso il vuoto.... e tuttavia, considerato nell' insieme, tutto quanto è in riposo. Prendiamo una pietra, un macigno di granito, un masso di ferro massiccio: ognuna delle molecole di questo pezzo di ferro si sposta, vibra, ruota, con una velocità incomparabilmente maggiore di quella di un astro, molecola siderale. Se noi volessimo figurarci in un sistema grande come Parigi, il Sole e le stelle di cui la distanza è nota, e mettere in moto stelle, pianeti, satelliti, comete, ciascuno nella scala adottata, tutto sembrerebbe in riposo, anche sotto il microscopio! Dov'è il grande? dov'è il piccolo? dove è il movimento? dove la quiete? Questo dado da giuoco è tanto grande quanto l'Universo. Un centimetro cubo d'aria è composto di un sestilione di molecole: se noi col pensiero le mettiamo in fila di millimetro in millimetro, ve ne saranno mille sopra la lunghezza di un metro, un milione per un chilometro, un miliardo sopra mille chilometri e il nostro sestilione di molecole occuperà una lunghezza di 250 trilioni di leghe, da qui alle stelle (e non alle più vicine)! Ora, queste molecole di un centimetro cubo d'aria esistono realmente, si agitano, vibrano, ruotano, si precipitano, come i nostri Soli dello spazio: esse pure formano un universo. L'uomo è collocato fra due infiniti; noi viviamo, senza pensarvi, in mezzo al sublime.

Siffatte contemplazioni di quanto non ingrandiscono, trasfigurano l'idea volgare che in generale ci facciamo del mondo! La conoscenza di queste varietà non dovrebbe essa costituire la prima base di qualunque istruzione che abbia la pretesa di essere seria? Non è egli strano di vedere l'immensa maggioranza degli uomini vivere e morire senza un minimo sospetto di queste grandezze, senza pensare a rendersi conto della magnifica realtà che li circonda?

Tenti ora la nostra mente di rifare rapidamente il cammino percorso dalle

prime pagine di questo libro. Noi siamo sulla Terra, globo che naviga nelle onde eteree, che gira, si volge e ravvolge, oscillando e ondeggiando in balìa di più di dieci movimenti incessanti e svariati; ma noi siamo così piccini su questo globo e così lontani dal resto del mondo, che tutto ci pare immobile ed immutabile. Tuttavia, la notte stende il suo velo, le stelle si accendono in fondo ai cieli; la stella della sera splende ad occidente, la Luna versa nell'atmosfera la sua luminosa rugiada. Partiamo, lanciandoci colla velocità della luce. In due secondi passiamo in vista del mondo lunare che apre dinanzi a noi i suoi crateri spalancati e svolge le sue valli alpestri e selvagge. Non arrestiamoci. Il Sole ricompare e ci permette di gettare un ultimo sguardo sulla Terra illuminata, picciol globo inclinato che cade impicciolendosi nella notte infinita. Venere s'avvicina, terra nuova, uguale alla nostra, popolata di esseri, in moto rapido e appassionato. Non arrestiamoci. — Passiamo abbastanza accosto al Sole per riconoscere le sue formidabili esplosioni; ma noi continuiamo nella nostra via. — Ecco Marte, coi suoi mediterranei dai mille frastagli, i suoi golfi, le sue spiagge, i suoi grandi fiumi, le sue nazioni, le sue bizzarre città, le sue popolazioni attive e affaccendate. Il tempo incalza; nessuna sosta. — Colosso enorme, Giove si avvicina. Mille Terre non lo varrebbero. Quale rapidità ne' suoi giorni! che tumulti alla sua superficie! che tempeste, che vulcani, quali uragani sotto la sua immensa atmosfera! quali animali strani nelle sue acque! l'umanità non vi è ancora comparsa. Voliamo, voliamo sempre. — Quel mondo altrettanto rapido quanto Giove, corazzato da una strana aureola, è il fantastico pianeta Saturno, intorno a cui corrono otto globi dalle svariate fasi; fantastici pure ci appajono gli esseri che lo abitano. Proseguiamo il nostro celeste cammino. — Urano, Nettuno, sono gli ultimi mondi conosciuti che incontriamo sul nostro passaggio. Ma voliamo, voliamo sempre. — Pallida, scarmigliata, lenta, stanca, scivola dinanzi a noi la cometa smarrita nella notte del suo afelio; ma noi distinguiamo sempre il Sole quale una stella immensa brillante in mezzo alla popolazione del cielo. Colla velocità costante di 75 000 leghe al secondo, quattro ore ci sono bastate a trasportarci alla distanza di Nettuno; ma son già parecchî giorni che noi voliamo attraverso gli afelî cometarî, e per parecchie settimane, parecchî mesi, noi continuiamo ad attraversare le solitudini che circondano la via solare, senza incontrarvi che le comete che veleggiano da un sistema ad un altro, le stelle filanti, le meteoriti. ruderi di mondi in rovina cancellati dal libro della vita. Voliamo, voliamo ancora — per tre anni e sei mesi! — prima di raggiungere *il Sole più vicino*, fornace giganteggiante, doppio Sole, gravitante in cadenza, versando intorno a sè nello spazio una luce ed un calore più intenso di quelli del nostro proprio Sole. Ma non arrestiamoci; continuiamo per dieci, venti, cento, mille

anni questo viaggio colla medesima velocità di 300 000 chilometri al secondo! Sì, durante mille anni, senza sosta nè tregua, attraversiamo gli spazî, esaminiamo passando quei multipli sistemi, quei nuovi *Soli* di tutte le grandezze, focolari fecondi e potenti, astri la cui luce si accende e si spegne, quelle innumerevoli famiglie di *pianeti*, varie, molteplici, terre lontane popolate di esseri irriconoscibili, di tutte le forme e d'ogni specie; quei *satelliti* multicolori, e tutti quelli inaspettati paesaggi celesti; osserviamo quelle nazioni siderali; salutiamo i loro lavori, le loro opere, la loro storia; indoviniamo i loro costumi, le loro passioni, le loro idee; ma non fermiamoci! Ecco altri mille anni che si presentano per proseguire il nostro viaggio in linea retta; accettiamoli, impieghiamoli, attraversiamo tutti quegli ammassi di Soli, quei remoti universi, quelle fiammeggianti nebulose, quella Via Lattea che si scinde in brandelli, quelle genesi formidabili che si succedono attraverso l'immensità sempre spalancata; non ci sorprenda se dei Soli che si avvicinano o delle stelle lontane piovono dinanzi a noi, quali lagrime di fuoco cadenti nell'eterno abisso; assistiamo allo sfasciamento dei globi, alla rovina delle terre caduche, alla nascita dei nuovi mondi; seguiamo coll'occhio la caduta dei sistemi verso le costellazioni che li chiamano; ma non arrestiamoci! Ancora mille anni, ancora diecimila anni, ancora centomila anni di questo volo, senza rallentare, senza vertigini, sempre in linea retta, sempre colla stessa velocità di 75 000 leghe al secondo. Imaginiamoci di vogare così durante un milione di anni... Siamo noi giunti ai confini dell'universo visibile? Ecco delle immensità nere che bisogna oltrepassare... Ma laggiù nuove stelle si accendono in fondo ai cieli. Slanciamoci verso di esse, raggiungiamole. Un altro milione di anni: nuove relazioni, nuovi splendori stellati, nuovi universi, nuovi mondi, nuove terre, nuove umanità!... E che! giammai un fine? mai un orizzonte chiuso? mai una vòlta? mai un cielo che ci arresti? sempre lo spazio, sempre il vuoto! Dove siamo noi dunque? che strada abbiamo percorso?... Noi siamo... al *vestibolo dell'infinito!*... noi non ci siamo inoltrati *di un sol passo!* noi siamo sempre allo stesso punto! Il centro è dappertutto, la circonferenza in nessun luogo... Sì, ecco spalancato a noi dinanzi l'infinito, il cui studio non è cominciato... Noi non abbiam visto nulla, noi indietreggiamo per lo spavento, noi caschiamo tramortiti, incapaci di proseguire un inutile cammino... Ah! noi possiamo cadere, cadere in linea retta nell'abisso spalancato, cader sempre *durante l'intera eternità:* mai, mai non toccheremo il fondo, come non ne abbiamo toccato il principio; ma che dico?... mai non ce ne avvicineremo! Il nadir diventa zenit. Nè cielo nè inferno; nè oriente nè occidente; nè alto nè basso; nè sinistra nè destra. In qualsivoglia direzione noi consideriamo l'Universo, ESSO È INFINITO IN TUTTI I VERSI. In questo Infinito le associazioni di Soli e di mondi che costituiscono il nostro universo

visibile, non formano che un'isola del grande arcipelago, e, nell'eternità della durata, la vita della nostra umanità così fiera, con tutta la sua storia religiosa e politica, la vita del nostro pianeta intero non è che il sogno di un istante !...

Fermiamoci dinanzi a queste contemplazioni. Noi non siamo ancora, è vero, che sul limitare del tempio; le dovizie siderali cominciano ora appena a svolgersi davanti al nostro sguardo, le ricchezze del cielo ci circondano, gli universi costellati si aprono sotto i nostri passi, i panorami della natura celeste seducono e cattivansi la nostra contemplazione studiosa; ma l'ultima pagina di questo lavoro vien a porre qui il suo *veto*, e al pari del portiere di uno splendido museo, sordo all'ammirazione del visitatore, lo mette fuori senza pietà, chiudendogli dietro la porta al batter dell'ora della chiusura, così quest'ultima pagina dell'*Astronomia popolare* si vale del suo posto per dirci: « Voi non andrete più in là! » Ma essa s'inganna. Il museo non è visitato dappertutto; v'hanno delle porte segrete, delle false uscite, e i penetrali ove esse possono condurci tengono precisamente in riserva le curiosità più interessanti, e spesso le più ricercate. Usciamo dunque, poichè uscir bisogna, ma ritroviamoci sotto la cupola azzurra. Le costellazioni, le carte del cielo, i cataloghi di stelle singolari, variabili, doppie, colorate, le descrizioni degli strumenti accessibili allo studioso dei cieli, le tavole buone a consultarsi, sono altrettanti capitoli importanti che, non avendo potuto trovar posto nel nostro Quadro, esigerebbero di esser esposti in un'apposita Appendice.

Il lettore i cui desiderî scientifici sono soddisfatti dal possesso degli *elementi* della nostra bella Scienza, può fermarsi qui; quegli invece la cui passione è più viva, e che è ancora assetato dei grandiosi spettacoli, delle divine bellezze della Natura, quegli che vuol entrare in comunicazione più intima colla verità, può andar più innanzi e completare la sua istruzione astronomica. È dolce il vivere nella sfera dello spirito; è dolce il disprezzare i rumori materiali di un mondo volgare; è dolce lo spaziare nelle altitudini eteree, e il consacrare i migliori istanti della vita allo studio del Vero, dell'Infinito, dell'Etereo.

CAPITOLO XI.

L'osservazione del cielo. — Gli strumenti (1).

È cosa desiderabile che le verità astronomiche si diffondano nella pubblica istruzione, e penetrino, se è possibile, nel dominio della vita pratica. Si ha ragione di esser sorpresi vedendo tante chiese, tanti teatri, tante sale di concerto e da ballo, dei musei, dei clubs ove si giuoca, dei campi di corse, dei bersagli, delle società di velocipedisti, dove tutti possono accedere secondo i proprî gusti, ma non degli Osservatorî pubblici. Nei momenti perduti si strapazza un po' di musica, di pittura, di scultura, di ricamo, ma non si studia un po' di astronomia. Perchè? — Perchè le arti hanno tanta prevalenza sulle scienze? Io risponderei, perchè l'educazione attuale fa degli spiriti leggieri, non forma uomini serî, come non è atta l'istruzione moderna, in Italia, a far uomini studiosi e di carattere. Oltrechè le condizioni sociali ai nostri giorni spingono al positivismo più materiale, e fintantochè il privilegio avrà nelle mani il governo della cosa pubblica e dispenserà il talento e gli onori, unica aspirazione sarà il danaro, non il bene nè il vero, unica scienza l'arte di acquistarlo più o meno onestamente. Fintantochè l'uomo anche d'ingegno e di buona volontà e amante degli studî dovrà subire aspra giornaliera lotta per la vita materiale, non avrà nè le forze, nè il tempo, nè la comodità di consacrarsi alla coltura della propria intelligenza. D'altra parte, la classe privilegiata e abbiente è troppo circondata da facili piaceri, da comode soddisfazioni materiali che il danaro procura, da ricercarne altre più pure, più intellettuali, dacchè nemmeno l'indirizzo scolastico fu tale da far intendere alle giovani intelligenze quanto vi sia di bello e di grande nella Natura, nè da inspirar loro l'amore per gli studî elevati. È il secolo delle macchine e della logismografia, dei busti, delle statue e delle oleografie: si cerca il buono in cucina, il bello fra le ballerine e il vero nelle cifre del libro cassa.

Si ha ragione di stupirsi che di tutte le scuole classiche, di tutte le scuole

---

(1) Questo capitolo fu modificato dal traduttore italiano, il quale, in parte, si è sostituito all'autore.

tecniche superiori e inferiori, di tutte le scuole normali e le università, di tutte le scuole popolari e professionali, di tutti i collegi pubblici e privati, neppur uno, se non forse qualche liceo (1), possieda un piccolo Osservatorio ove gli allievi e gli studiosi possano imparar qualche cosa dei misteri celesti; vi sono tuttavia dei professori che dovrebbero amar le scienze in generale e fra queste in particolare l'astronomia. Ma pur troppo da noi si fa una separazione ufficiale, fra l'erudizione e la carriera o la professione; un medico non è obbligato a sapere che cosa sieno le comete, e in società basta che discorra di casi di tifo, di difterite o di qualche operazione chirurgica ben riuscita; l'ingegnere non deve ingerirsi di procedura o di leggi economico-sociali; e in fatto di astronomia se sa dove è il nord e come si adopera la bussola è quanto basta. In sostanza non si sente ancora l'intimo legame di tutte le scienze fra loro e se Tizio, Sempronio hanno un'arte, una professione, un impiego tedioso, affaticante, non sono capaci di cercare un sollievo nella coltura di altre scienze, che sollevi il loro spirito, che allarghi l'orizzonte della loro mente.

È anche difficile a capirsi come fra tante persone fortunate (diciamolo addirittura: ricche) e che hanno tanto tempo da sprecare in inutilità o peggio, se ne contino così poche (per non dire affatto), le quali si procurino la soddisfazione di osservare le meraviglie del cielo, invece di far girare imperturbabilmente la loro fortuna nel medesimo circolo: accrescere inutilmente delle rendite già superflue, far correre dei cavalli, o mantenere delle attrici o delle femmine oziose. Bisogna credere che nessuno abbia il menomo sospetto dell'interesse tanto vivo che va annesso allo studio della Natura, nè delle gioje intime che l'anima prova nel porsi in relazione coi divini misteri della creazione. E tuttavia, qual è l'essere intelligente, qual è l'essere accessibile alle emozioni inspirate dalla contemplazione del bello, il quale possa guardare, anche in un cannocchiale debolissimo, le dentellature argentate della falce lunare, tremolanti nell'azzurro, senza provar l'impressione la più viva e la più aggradevole, senza sentirsi trasportato verso quella prima stazione dei viaggi celesti, e staccato dalle cose volgari della Terra? Quale è la mente riflessiva che potrebbe vedere senza ammirazione il brillante Giove, accompagnato dai quattro satelliti, entrar nel campo di un telescopio inondandolo della sua luce, ovvero lo splendido Saturno superbamente incedente in mezzo alla gloria del suo misterioso anello, oppure un Sole doppio color

---

(1) E anche gli osservatorî di questi licei, che possiedono in fatto di suppellettile? Come sono tenuti? Vi accedono gli studenti Vi si fanno forse alcune incomplete ed insufficienti osservazioni di temperatura, di umidità o di pressione atmosferica; ma chi vi è addetto, cioè il professore di fisica, ha una rimunerazione speciale per attendervi con sollecitudine e con regolarità? ha almeno un ajutante pagato? Nulla di tutto questo, almeno nell'alta Italia. La maggior parte dei laureati non sa nemmeno come giri la Luna intorno alla Terra o quanti sieno gli anelli di Saturno.

di sangue e di zaffiro rilevantesi in seno alla notte infinita? (1) Ah! se gli uomini tutti, dal modesto e vilipeso coltivatore dei campi, dal laborioso e angariato operajo della città fino al professore, fino all'uomo salito al gradino più alto della fortuna o della gloria, e fino alla donna di mondo la più frivola in apparenza, sapessero, qual contento intimo e profondo attende il contemplatore dei cieli, la Francia, l' Italia, l' Europa intiera si coprirebbero di cannocchiali invece di coprirsi di bajonette, di cannoni e di torpediniere, con gran vantaggio della pace e del benessere, della felicità universale.

(1) Bisogna confessare che l' autore ha mille ragioni: un quarto d' ora passato in una splendida notte (specialmente in un inverno rigido) coll'occhio all'oculare di un buon cannocchiale vale meglio di una stagione di carnevale passata al teatro. Imaginatevi di essere in un camerotto oscuro, in mezzo a un perfetto silenzio, con l'occhio destro applicato all'oculare del vostro strumento; nel campo di questo entra una stella, ne entran due, poi cento, quasi coorti guidate da una mano invisibile, tutte smaglianti dei più bei colori delle gemme... voi non sentite più i vostri piedi toccar la terra, siete attaccati per l'occhio a quel tubo che scompare anch' esso per lasciarvi credere di trovarvi librati in mezzo all' etere, senz' appoggio, isolati... il tempo passa e non vi saziate mai di questo spettacolo; cambiano le configurazioni, cambiano gli splendori, i colori di quei Soli che vi passano innanzi, e la vostra mente è affascinata, la fantasia lavora, lavora... e solo l'abbajare di qualche cane lontano o il suono di una campana vi riporta in sull' alba sul suolo terrestre e vi fa accorti che siete ancora di questo mondo. Credetelo è proprio così.

FINE

INDICE DELLE MATERIE

LIBRO I. — LA TERRA.

CAPITOLO I. La Terra nel Cielo . . . . . *Pag.* 1

— II. Come la Terra gira [sopra sè stessa e intorno al Sole. — Il giorno e la notte — Le ore. — I meridiani. — L'anno e il calendario. . . . . » 17

— III. In che modo la Terra gira intorno al Sole. — Inclinazione dell'asse. — Stagioni. — Climi . . . . . » 31

— IV. I dieci principali movimenti della Terra. — La precessione degli equinoz . . . » 45

— V. Seguito e fine dei principali moti della Terra. . . . . » 56

— VI. La Terra, pianeta mondo. — Dimostrazione teorica e pratica dei movimenti del nostro globo. — La vita sulla Terra. . . . . » 64

— VII. Come s'è formata la Terra? — Sua età, sua durata. — L'origine e la fine dei mondi » 87

LIBRO II. — LA LUNA.

CAPITOLO I. La Luna, satellite della Terra. — Sua grandezza apparente. — Sua distanza. — Come si misurano le distanze celesti . . . . . *Pag.* 103

— II. Le fasi della Luna. — La settimana . . . . . » 123

— III. Moto della Luna intorno alla Terra. — Peso e densità della Luna. — La gravità sugli altri mondi. — Come fu pesata la Luna . . . . . » 136

— IV. Descrizione fisica della Luna. — Le montagne, i vulcani, le pianure dette mari. — Selenografia. — Carta della Luna. — Le antiche rivoluzioni lunari . . . . » 146

— V. L'atmosfera della Luna. — Condizioni di abitabilità del mondo lunare . . . . » 169

— VI. È abitata la Luna? . . . . . » 182

— VII. Le maree . . . . . » 209

— VIII. Le influenze della Luna. . . . . » 218

— IX. Le eclissi . . . . . » 225

LIBRO III. — IL SOLE.

CAPITOLO I. Il Sole reggitore del mondo. — Grandezza e proporzioni del *sistema solare*. — I numeri e l'armonia. . . . . *Pag.* 257

— II. Misura della distanza del Sole. — Risultati concordanti di sei metodi differenti. — I passaggi di Venere. — Come si è misurato e pesato il Sole . . . . . » 278

— III. La luce e il calore solare. — Stato della sua superficie. — Le sue macchie. — Sua rotazione. — Aspetti, forme e movimenti delle macchie solari . . . . . » 295

— IV. Le eruzioni del Sole. — Protuberanze. — Getti di fiamme. — Esplosioni gigantesche. — L'atmosfera solare; la corona e la gloria. . . . . » 317

— V. Le fluttuazioni dell'energia solare. — Variazione annua del numero delle macchie e delle eruzioni. — Periodo undecennale. — Singolari coincidenze. — Il magnetismo terrestre e le aurore boreali . . . . . » 334

— VI I destini del Sole. — L'astro del giorno non è che una stella. . . . . » 355

— VII. La luce. — Sua natura; sua velocità. — L'analisi spettrale. — La composizione chimica del Sole e dei corpi celesti . . . . . » 317

LIBRO IV. — I MONDI PLANETARI.

CAPITOLO I. I moti apparenti e i moti reali. — Sistemi successivamente imaginati . . . *Pag.* 383
— II. Il pianeta Mercurio e i suburbii del Sole . . . . . » 412
— III. Il pianeta Venere. — La stella del pastore . . . . . » 429
— IV. Il pianeta Marte, miniatura della Terra . . . . . » 444
— V. I piccoli pianeti situati fra Marte e Giove . . . . . » 477
— VI. Giove il gigante dei mondi. . . . . » 494
— VII. Saturno, la maraviglia del mondo solare . . . . . » 518
— VIII. Il pianeta Urano . . . . . » 545
— IX. Il pianeta Nettuno e le frontiere del dominio solare . . . . . » 558

LIBRO V. — LE COMETE.

CAPITOLO I. Le Comete nella storia dell' umanità . . . . . *Pag.* 571
— II. Moto delle comete nello spazio. — Orbite cometarie. — Comete periodiche attualmente conosciute . . . . . » 587
— III. Costituzione fisica e chimica delle comete. — Modo di comunicazione fra i mondi. — Possibili scontri colla Terra. . . . . » 611
— IV. Stelle filanti. — Bolidi, aeroliti. — Orbite delle stelle filanti nello spazio. — Pietre cadute dal cielo . . . . . » 630

LIBRO VI. — LE STELLE.

CAPITOLO I. La contemplazione dei cieli . . . . . *Pag.* 647
— II. Descrizione generale delle costellazioni. — Come si riconoscono le stelle principali » 656
— III. Posizioni delle stelle nel cielo. — Ascensioni rette e declinazioni. — Osservazioni e cataloghi . . . . . » 678
— IV. Grandezza delle stelle. — Loro distribuzione nel cielo — Loro numero. — Loro distanze . . . . . » 695
— V. Misura delle distanze celesti. — Stelle la cui distanza è conosciuta. — Rapporto fra il nostro Sole coi suoi pari i più vicini . . . . . » 702
— VI. La luce delle stelle. — Scintillazione. — Analisi spettrale. — Composizione fisica e chimica. — Applicazione della fotografia. — Misura del potere calorifico delle stelle . . . . . » 716
— VII. Cambiamenti osservati nello stato delle stelle. — Stelle temporarie repentinamente apparse nel cielo. — Stelle variabili. — Stelle periodiche. — Stelle scomparse dal cielo . . . . . » 728
— VIII. Le stelle doppie e multiple. - I Soli colorati. — Mondi illuminati da parecchi Soli di differente colore . . . . . » 741
— IX. I moti propri delle stelle. — Traslazione di tutti i soli e di tutti i mondi attraverso l'immensità infinita. — Metamorfosi secolare dei cieli . . . . . » 750
— X. Struttura dell' universo visibile. — La Via Lattea. — Le nebulose. — Gli ammassi stellari. — Infinito ed eternità . . . . . » 761
— XI. L'osservazione del cielo. — Gli strumenti . . . . . » 782

Opere di J. H. FABRE

Ricordi Entomologici *Studi su l'istinto e i costumi degli insetti.* Eleganti volumi in 8-grande di circa 300 pagine con numerose incisioni e 16 tavole fuori testo. I primi dieci sono in vendita al prezzo per ciascun volume: *Brochure*, L. **15.**— . . . . . Tela e oro, L. **22.**—
L'undicesimo, contenente la *Vitä di J. H. Fabre* e il *Repertorio generale analitico* dell'opera completa: *Brochure* L. **20.**— . . . . . Tela e oro, L. **27.**—
Opera completa in 11 volumi compresa la Vita del Fabre, rilegati in tela e oro, con elegante mobiletto . . . . . L. **240.**—

Costumi degli insetti Volume di 320 pagine, in grande formato, con 16 illustrazioni. In *brochure*, L. **6.**—. In tela e oro, L. **11.**—

La vita degli insetti Traduzione e Prefazione di ENRICO SOMARÉ. — Un volume di circa 250 pagine, in grande formato, edizione signorile, 13 incisioni nel testo e 13 fuori testo. In *brochure*, L. **6.**— . . . . Tela e oro, L. **10.**—

Le meraviglie dell'istinto negli insetti *Storie inedite della Lucciola e del Bruco del cavolo.* Traduzione di ENRICO SOMARÉ. — Un volume di circa 250 pagine, in grande formato, edizione signorile, con 3 incisioni nel testo e 16 tav. fuori testo. *Brochure*, L. **10.** Tela e oro, L. **15.**—

I Devastatori *Racconti sugli insetti nocivi all'Agricoltura.* — Traduzione di ENRICO SOMARÉ. — Un volume di 250 pagine, in grande formato, edizione signorile, con 35 incisioni nel testo e 16 tav. fuori testo. *In brochure*, L. **10.**— Tela e oro, L. **15.**—

Gli Ausiliari *Racconti sugli animali utili all'Agricoltura.* — Traduzione di ENRICO SOMARÉ. — Un volume di 250 pagine, in grande formato, edizione signorile, con 35 incisioni nel testo e 16 tavole fuori testo. In *brochure*, L. **10.**— Tela e oro, L. **15.**—

I Servitori *Racconti dellò Zio Paolo sugli Animali domestici.* — Traduzione di ENRICO ARESCA. Un volume di 288 pagine, in grande formato, edizione signorile, 31 incisioni nel testo e 16 tavole fuori testo. In *brochure*, L. **10.**— Tela e oro, L. **15.**—

Il Cielo *Letture e Lezioni per tutti.* — Traduzione di ENRICO MERCATALI. — Un volume di 290 pagine, in grande formato, edizione signorile, con 74 incisioni nel testo e 16 tavole fuori testo. In *brochure*, L. **10.**— . . . . . Tela e oro, L. **15.**—

La Terra *Letture e lezioni per tutti sulla fisica del globo.* — Traduzione di ENRICO ARESCA. — Un volume di 360 pagine, in grande formato, edizione signorile, con 26 illustrazioni nel testo e 16 tavole fuori testo. In *brochure*, L. **10.** . Tela e oro, L. **15.**—

La Pianta *Lezioni sulla Botanica.* — Traduzione di ENRICO ARESCA. — Un volume di 302 pagine, in grande formato, edizione signorile, con 188 incisioni e 16 tavole fuori testo. In *brochure*, L. **10.**— . . . . . Tela e oro, L. **15.**—

Il Libro dei Campi *Conversazioni sull'agricoltura tra lo zio Paolo ed i suoi nipoti*, con prefazione ed appendice di ALESSANDRO SCHIAVI. — Un volume di 320 pagine in grande formato, edizione signorile, con 100 illustrazioni nel testo e 12 tavole fuori testo . . . . . In *brochure*, L. **6.**— Tela e oro L. **11.**—

Chimica Agricola Elegante volume in grande formato di circa 150 pagine con 42 illustr. e 16 tavole fuori testo. Traduzione di EDGARDO BALDI. In *brochure*, L. **6.**— . . . . . Tela e oro, L. **11.**—

L'Industria *Semplici racconti dello Zio Paolo, su l'origine, la storia e la fabbricazione delle cose principali d'impiego generale negli usi della vita.* — Un volume di 304 pagine, in grande formato, edizione signorile, 69 incisioni nel testo e 16 tavole fuori testo. In *brochure*, L. **10.**— . . . . . Tela e oro, L. **15.**—

— DOTT. —
G. V. LEGROS **La vita di J. H. Fabre - Naturalista**
scritta da un suo discepolo con prefazione di J. H. FABRE. — Un volume di 232 pagine, in grande formato, con ritratto a colori, edizione uguale a quelle delle opere.
In *brochure*, L. **8.**— . . . . . Tela e oro, L. **12.**—

Inviare l'importo alla Casa Editrice Sonzogno - Milano (2/14) - Via Pasquirolo, 14.